

**CONSTRUCCIÓN DE INDICADOR COMPUESTO PARA MEDIR EL ÍNDICE DE  
DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL IDID EN LAS ENTIDADES DEL  
DISTRITO POR MEDIO DE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS**

**NORVEY RODRIGUEZ FONSECA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y ESTADÍSTICA  
PEREIRA  
2017**

**CONSTRUCCIÓN DE INDICADOR COMPUESTO PARA MEDIR EL ÍNDICE DE  
DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL EN LAS ENTIDADES DEL DISTRITO  
POR MEDIO DE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS**

**Línea de Investigación: Índice compuesto**

**NORVEY RODRIGUEZ FONSECA**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
posgrado:**

**MAGISTER EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y ESTADÍSTICA**

**DIRECTOR**

**Ph.D. JOSE ADALBERTO SOTO MEJÍA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y ESTADÍSTICA  
PEREIRA 2017**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

**JURADO**

---

**JURADO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco esencialmente a mi director de tesis PhD. José Adalberto Soto Mejía, por sus valiosos consejos y por su inagotable paciencia, sus aportes enriquecieron este trabajo y en generar fortaleció mi formación durante la maestría.

Agradezco a la doctora Claudia Andrea Ramírez Montilla directora de estudios macro por facilitar los datos para realizar el análisis suscrito

Agradezco a mi esposa Johanna y a mi hijo Gabriel que con solo su presencia me alientan a seguir. Y me dieron fuerzas para cumplir mi meta.

Agradezco a docentes y amigos que me han acompañado y movido en este camino.

Agradezco a la Universidad Tecnológica por su apoyo académico brindado a esta tesis de maestría

## CONTENIDO

<b>CONSTRUCCIÓN DE INDICADOR COMPUESTO PARA MEDIR EL ÍNDICE DE DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL IDID EN LAS ENTIDADES DEL DISTRITO POR MEDIO DE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS.....</b>	<b>i</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN .....</b>	<b>2</b>
<b>3. TITULO .....</b>	<b>2</b>
<b>4. ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>5. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>3</b>
<b>5.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
5.1.1. Creating composite with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index .....	3
5.1.2. Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators .....	8
5.1.3. Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (Lactuca sativa L.) cultivadas en invernadero.....	9
<b>6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>7. OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>12</b>
7.1. Objetivo General.....	12
7.2. Objetivos Específicos .....	12
<b>7. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>13</b>
7.1. Índice (Indicador compuesto).....	13
7.2. Indicador compuesto para medición de entidades distritales .....	13
7.2.1 Método de ponderación y agregación bajo análisis envolvente de datos DEA .....	14
7.3. Análisis de incertidumbre aplicado a indicadores compuestos .....	17
7.4. Análisis de sensibilidad: métodos y ajustes .....	19
7.4.1 Análisis de sensibilidad basado en varianza (índice de efectos principales) .....	19
7.4.2 Análisis de sensibilidad basado en varianza (índice de efectos totales) .....	19
7.4.3 Índices de sensibilidad de orden .....	20
7.4.4 estimación de los índices de sensibilidad .....	22
<b>8. Aplicación del estudio de caso en la creación del Índice De Desarrollo Institucional Distrital IDID (indicador compuesto para las entidades distritales).....</b>	<b>23</b>
<b>8.1 Análisis de incertidumbre y sensibilidad .....</b>	<b>55</b>
8.1.1 Alternativa 1. Análisis de incertidumbre (sobre los pesos de los subindicadores) .....	56
8.1.2 Análisis de sensibilidad sobre los pesos para el indicador gestión de talento humano (alternativa 1).....	66
8.2.1 Análisis de incertidumbre sobre las entidades alternativa 2 .....	68
8.2.2 Análisis de sensibilidad sobre las entidades escenario 2 .....	68

<b>9. CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>75</b>
<b>10. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>76</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>12. ANEXOS .....</b>	<b>79</b>

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Tabla análisis de incertidumbre para los factores de entrada .....	5
Tabla 2. Creating composite with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index .....	7
Tabla 3 Análisis del artículo: Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators.....	8
Tabla 4. Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (Lactuca sativa L.) cultivadas en invernadero .....	10
Tabla 5. SENSITIVITY ANALYSIS IN PRACTICE .....	18
Tabla 6 estimaciones de los indicadores primordiales y totales. Tomado de (A. Saltelli & Becker, 2012) .....	22
Tabla 7 Entidades Distritales y objetivos .....	24
Tabla 8 distribución de los indicadores .....	25
Tabla 9 sub-indicadores tomado de la propuesta para creación del IDID .....	26
Tabla 10 INDICADORES SIN RECTRICIONES.....	31
Tabla 11 INDICADOR DE SUPEREFICIENCIA .....	34
Tabla 12 Rankin sin / con restricciones en los pesos "gestión presupuestal" .....	38
Tabla 13 indicador ranking sin/ con restricciones sobre los pesos "acceso a la información" .....	41
Tabla 14 indicador/ ranking sin /con restricciones sobre los pesos "plan de desarrollo" .....	44
Tabla 15 indicador / ranking sin/con restricciones sobre los pesos TALENTO HUMANO .....	46
Tabla 16 indicador /ranking sin/ con restricciones sobre los pesos GESTION PUBLICA.....	48
Tabla 17 CALCULO IDID INDICE DE DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL.....	50
Tabla 18 COMPARACION IDID VERSUS IDID DIRECCION DE DESARROLLO DISTRITAL.....	53
Tabla 19 factores de incertidumbre .....	56
Tabla 20 factores de incertidumbre sobre los pesos "gestión presupuestal".....	58
Tabla 21 factores de incertidumbre sobre los pesos "acceso a la información" .....	61
Tabla 22 factores de incertidumbre sobre los pesos "plan de desarrollo" .....	62
Tabla 23 factores de incertidumbre sobre los pesos GESTION DE TALENTO HUMANO .....	64
Tabla 24 Factores de incertidumbre sobre los pesos GESTION PUBLICA .....	65
Tabla 25 análisis de sensibilidad GESTION DE TALENTO HUMANO salida del software Simlab 2.2.1 .....	66

Tabla 26 análisis de sensibilidad “gestión presupuestal” .....	69
Tabla 27 análisis de sensibilidad “acceso a la información” .....	71
Tabla 28 análisis de sensibilidad “plan de desarrollo” .....	72
Tabla 29 análisis de sensibilidad GESTIÓN DE TALENTO HUMANO .....	73
Tabla 30 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS "gestión presupuestal" .....	79
Tabla 31 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS “acceso a la información” .....	81
Tabla 32 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS “plan de desarrollo” .....	82
Tabla 33 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS “GESTIÓN DE TALENTO HUMANO” .....	84
Tabla 34 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS "GESTIÓN PÚBLICA " .....	85
Tabla 35 INDICADOR CON RESTICIONE EN LOS PESOS “gestión presupuestal” .....	87
Tabla 36 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS “acceso a la información” .....	89
Tabla 37 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS “plan de desarrollo” .....	90
Tabla 38 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS “GESTIÓN DE TALENTO HUMANO” .....	91
Tabla 39 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS "GESTIÓN PÚBLICA " .....	93
Tabla 40 COMPARATIVO ENTRE ENTIDADES DISTRITALES .....	94

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 peso de cada dimensión .....	24
Ilustración 2 proporción en pesos entidad 1 secretaria general .....	40
Ilustración 3 función para la asignación de puntajes, $P_k$ es el percentil k (ilustración extraída del boletín 84 Planeación distrital) .....	53
Ilustración 4 IDID DEA Vs IDID DIRECCION DE DESARROLLO .....	55
Ilustración 5 boxplot simulación “gestión presupuestal” .....	57
Ilustración 6 histograma entidad 10 Secretaria Distrital De Planeación .....	58
Ilustración 7 boxplot simulación del indicador “acceso a la información” .....	60
Ilustración 8 histograma para los pesos de los subindicadores de la entidad 28 Jardín Botánico "José Celestino Mutis" .....	60
Ilustración 9 boxplot simulación del indicador “plan de desarrollo” .....	62
Ilustración 10 boxplot simulación para el indicador GESTION DE TALENTO HUMANO .....	63
Ilustración 11 boxplot para el indicador GESTION PUBLICA.....	65



## 1. INTRODUCCIÓN

*“La necesidad de establecer sistemas de seguimiento y evaluación al desempeño institucional es apremiante, ya que por mucho tiempo el estado se enfocó en generar políticas, programas y proyectos, sin hacer ningún reparo sobre la capacidad institucional que tenía para afrontar lo que él y el mismo contexto le imponían, por lo tanto los resultados de la acción administrativa presentaban una gran brecha frente a los procesos de planificación, lo que implicó que el gobierno perdiera su capacidad de responder a los marcos jurídicos que lo regulan y a las expectativas ciudadana provocando consigo fenómenos de ingobernabilidad”.* **Dirección Distrital De Desarrollo Institucional.**

Ante dicha realidad los entes distritales le encargan a la Dirección Distrital De Desarrollo Institucional generar un Índice de Desarrollo Institucional Distrital (IDID). El IDID tiene como uno de sus objetivos, generar líneas bases e información para la toma de decisiones, que en futuro permitirán determinar tendencias y los niveles de evolución de la administración para responder a las problemáticas públicas, por lo tanto el reto de esta medición es el de la credibilidad, entendida como un nivel de acercamiento real a los fenómenos administrativos e institucionales, partiendo de la realidad sobre la escasa información que sobre los temas abordar, hoy día se tiene y sobre las dificultades de generar análisis con variables tan complejas y a veces tan difíciles de relacionar y explicar una herramienta que le dé la capacidad de tomar decisiones o dimensionar su capacidad de respuesta a las problemáticas públicas, ante lo cual el Índice Desarrollo Institucional Distrital IDID pretende llenar.

Mediante el Decreto 688 del 30 de diciembre de 2011<sup>1</sup>, se crea el Índice de Desarrollo Institucional Distrital (IDID) para las Entidades, Localidades y Hospitales Distritales. Y fue modificado por el Decreto 114 del 16 de marzo de 2016, Además, se establece el procedimiento para su implementación. Con el objetivo de poder definir un instrumento de seguimiento y evaluación del desarrollo institucional en cada una de las entidades y organismos distritales que permita identificar las fortalezas y oportunidades de mejora institucionales.

El índice de Desarrollo Institucional Distrital –IDID-, es un instrumento de medición mediante el cual se busca establecer mediciones anuales en las que se evidencie el avance y mejora de los organismos y entidades públicas distritales en los temas del desarrollo que son planteados. Adicionalmente pretende:

- Identificar las fortalezas y oportunidades de mejora institucional en materia de desarrollo institucional, y establecer el comportamiento de las entidades y

---

<sup>1</sup> <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45192>

organismos distritales en el tiempo.

- Generar los insumos que aporten al diseño, implementación y evaluación de políticas públicas y el desarrollo de capacidades institucionales a nivel distrital.

En general un indicador es una función de indicadores subyacentes, llamados subindicadores, a los cuales se asignan pesos para expresar la relevancia de los subindicadores en el contexto del fenómeno a medir. Estos pesos son sujetos a las decisiones que toman los expertos en el tema, lo cual suscita controversia en los organismos evaluados (Cherchye et al., 2008).

Este trabajo pretende construir un indicador que dependa en lo mínimo de la subjetividad de los expertos de la **Dirección Distrital De Desarrollo Institucional**. Ante esto se escogió una técnica de ponderación conocida en la literatura como **Benefit of the Doubt (BOD)** (Nardo et al, 2005), pues proporciona pesos a cada subindicador individualmente y el indicador resultante es máximo. Se analizará esta técnica y se compara con los modelos de **análisis envoltente de datos (DEA)**. La cual proporcionara robustez al momento de construir el indicador. Y esa robustez será medida por medio de análisis de incertidumbre y sensibilidad.

## 2. RESUMEN

Este trabajo pretende construir el Índice de Desarrollo Institucional Distrital (IDID), creado mediante el Decreto 688 del 30 de diciembre de 2011 y modificado por el Decreto 114 del 16 de marzo de 2016. La metodología a usar es **análisis envoltente de datos (DEA)**, presentada por (Cherchye et al., 2008). ya que proporciona pesos a cada subindicador individualmente y el indicador resultante es máximo. Además, para validar la calidad del indicador se aplicará una metodología de análisis de incertidumbre y sensibilidad presentada por (Saltelli et al., 2009)

**Palabras clave:** indicador compuesto, IDID, entidades distritales, Dirección Distrital De Desarrollo Institucional, Secretaría Distrital de Planeación, Benefit of the Doubt BOD, Análisis Envoltente de Datos DEA, análisis de incertidumbre, análisis de sensibilidad.

## 3. TITULO

**CONSTRUCCIÓN DE INDICADOR COMPUESTO PARA MEDIR EL ÍNDICE DE DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL EN LAS ENTIDADES DEL DISTRITO POR MEDIO DE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS**

#### **4. ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

El proyecto que se aborda en este trabajo de grado involucra las áreas de investigación de operaciones y estadística multivariada con aplicación a indicadores compuestos. Para desarrollar el trabajo se presenta aplicación de las siguientes asignaturas:

- Investigación de operaciones
- Estadística multivariada
- Construcción de indicadores compuestos
- Análisis de sensibilidad

#### **5. MARCO REFERENCIAL**

Este capítulo presenta la recopilación y análisis de diferentes documentos, que constituyen el estado del arte con relación a la construcción de indicadores compuesto bajo análisis envolvente de datos. A través de un recorrido por diferentes experiencias internacionales, se observan los diferentes escenarios, donde se aborda la construcción de indicadores compuesto mediante esta técnica. Además, el análisis incertidumbre y sensibilidad, en la construcción de un indicador compuesto. Este recopilado se encuentra en una serie de artículos académicos, descritos en bibliografía internacional y nacional, que se han consultado cruzando bases de datos que presentan investigaciones en el campo de los indicadores compuestos.

Posteriormente se presenta un marco conceptual en referencia a la herramienta de análisis envolvente de datos para construcción de indicadores compuestos y su análisis de robustez mediante el análisis de incertidumbre y sensibilidad.

##### **5.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

###### **5.1.1. Creating composite with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index**

- **Autores**

Cherchye L  
Moesen W  
Rogge N  
Van Puyenbroeck T  
Saisana M  
Saltelli A  
Liska R  
Tarantola S

- **Fecha:** 2008.

- **Objetivo.**

Construcción de indicador compuesto.

- **Abstract**

Composite indicators (CIs) are often used for benchmarking countries' performance, but they frequently stir controversies about the unavoidable subjectivity in their construction. Data Envelopment Analysis helps to overcome some key limitations, as it does not need any prior information on either the normalization of sub-indicators or on an agreed unique set of weights. Still, subjective decisions remain, and such modelling uncertainty propagates onto countries' CI scores and rankings. Uncertainty and sensitivity analysis are therefore needed to assess the robustness of the final outcome and to analyse how much each source of uncertainty contributes to the output variance. The current paper reports on these issues, using the Technology Achievement Index as an illustration.

- **Resumen**

El autor utiliza análisis envolvente de datos para construir un indicador compuesto. Pues (Cherchye et al., 2008) opina que su utilidad, radica en una subjetividad al momento de ponderación de los pesos en cada subindicador normalizados. Dejando a un lado la controversia por la inevitable imparcialidad que está conectada a su construcción.

### Análisis envolvente de datos para la construcción de indicadores compuestos

Para el caso se consideran  $m$  subindicadores y  $n$  países, con  $y_{ij}$  es el valor de sub-indicador  $i$  para el país  $j$ , teniendo en cuenta que si  $y_{ij} > y_{ik}$  entonces el país  $j$  se comporta mejor que el país  $k$ . El objetivo es combinar estos subindicadores individuales en un indicador compuesto de un solo valor que define la medida ponderada de los subindicadores.  $w_i$  representa el peso del  $i$ -ésimo subindicador. Las escogencias de estos pesos están sujetas a que maximicen el indicador compuesto para el país en cuestión  $IC_j$ , esto genera el siguiente problema de programación lineal para el país  $j$

$$IC_j = \max_{w_i} \sum y_{ik} w_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, m\} \forall k \in \{1, 2, \dots, n\}$$

*sujeto a*

$$\sum y_{ik} w_i \leq 1 \quad \text{normalización de la restricción}$$

$$w_i \geq 0 \quad \text{no negatividad de la restricción}$$

**Según (Cherchye et al., 2008), al usar como método de agregación, el análisis envolvente de datos DEA no se necesita la normalización de los sub-indicadores, pero es necesario que presenten la misma escala.**

### Análisis de incertidumbre

En la Tabla 1. Se muestra los factores de incertidumbre que fueron perturbados por medio de simulación de Montecarlo. Para (Cherchye et al., 2008) estos factores de incertidumbre no son fijos ver (Nardo et al, 2005), dependen de cómo, se normalizan los datos, los métodos de ponderación y agregación, etc.

**Tabla 1. Tabla análisis de incertidumbre para los factores de entrada**

Factor de entrada	Alternativas
$X_1$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incluir</li><li>• Excluir</li></ul>
$X_2$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incluir</li><li>• Excluir</li></ul>
.....	...
$X_{21}$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incluir</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exclur</li> </ul>
$X_{22}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Min-max</li> <li>• 5th-95th percentil</li> <li>• 10th-90th percentil</li> </ul>
$X_{23}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero completo</li> <li>• Aplicar logaritmo</li> </ul>

**Fuente:** Creating composite with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index

### Análisis de sensibilidad

Siguiendo a (Saisana, Saltelli, & Tarantola, 2005) análisis de sensibilidad basado en Varianza. El cálculo de las varianzas de las variables de salida permite detectar la variable de mayor influencia para el modelo, el índice de sensibilidad de primer orden  $S_k$  representa la contribución del efecto principal de cada factor de entrada con respecto a la varianza total de la variable de salida:

$s_k = \frac{V(E(Y|X_k))}{V(Y)}$  donde  $Y$  es la distribución de incertidumbre para el país  $k = 1, \dots, 23$  y  $V(E(Y|X_k))$  es la cantidad de varianza esperada (efecto principal) que podría ser removida de la varianza total de la salida  $V(Y)$ , por la propiedad de descomposición de la varianza condicional se puede descomponer la varianza total como  $V(Y) = V(E(Y|X_k)) + E(V(Y|X_k))$  así  $E(V(Y|X_k))$  estaría representando el valor esperado de la varianza de la variable de salida que podría permanecer inexplicada (varianza residual), si  $X_k$  fuera variando sobre su rango de incertidumbre.

Por otra parte, se analiza el índice de efectos totales  $S_{T_k}$ , el cual da cuenta de la contribución total de la salida debida al factor  $X_k$ ; es decir, los efectos de primer orden más los efectos debido a las interacciones entre los parámetros. Así

$V(Y) = V(E(Y|X_{-k})) + E(V(Y|X_{-k}))$  donde  $X_{-k}$  es un vector sin el factor  $X_k$

$$S_{T_k} = 1 - \frac{V(E(Y|X_{-k}))}{V(Y)} = \frac{E(V(Y|X_{-k}))}{V(Y)}$$

Donde  $V(E(Y|X_{-k}))$  es la cantidad esperada de varianza que sería removida de la varianza total al considerar todos los términos de cualquier orden que incluyan el factor  $X_k$ . En general,  $S_{T_k} \geq S_k$  (Saisana et al., 2005).

La interpretación de los índices, de acuerdo (Saisana et al., 2005), es como sigue: si el factor  $X_k$  no está involucrado en las interacciones con otros factores, entonces  $S_{T_k} = S_k$  de lo contrario  $S_{T_k} > S_k$ . La diferencia  $S_{T_k} - S_k$  indica en qué medida el factor  $X_k$  está involucrado en las interacciones. Si se obtiene  $S_{T_k} = 0$  implica que el factor  $X_k$  no es

influyente y puede ser fijado en cualquier valor, sin afectar la varianza de la variable de salida. Además, la suma de todos los  $S_k$  es igual a la unidad en el caso de modelos aditivos, y menor que uno en caso de modelos no aditivos. La suma de todos los  $S_{T_k}$  es siempre mayor a uno, y solamente es igual a la unidad en el caso de modelos aditivos.

- **Análisis del artículo**

**Tabla 2. Creating composite with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index**

<b>MODELO PRESENTADO EN EL ARTÍCULO</b>	<b>MODELO PROPUESTO EN ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El artículo presenta una metodología de ponderación para construcción de un indicador basado en análisis envolvente de datos (DEA) para medir el índice de avance tecnológico (TAI).</li> <li>• El índice compara países centrándose en 4 dimensiones de la capacidad tecnológica: creación de la tecnología, la difusión de las innovaciones recientes, la difusión de las innovaciones de edad, las habilidades humanas.</li> <li>• El artículo realiza un análisis de incertidumbre y sensibilidad para el indicador compuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siguiendo a (Cherchye et al., 2008) se construirá un indicador compuesto llamado <b>Índice Distrital De Desarrollo Institucional – IDID</b>. El cual compara entidades distritales centrándose en 3 dimensiones: <b>Misional y de Gobierno, Gestión del Talento Humano, Función Pública</b>.</li> <li>• Se presentarán dos alternativas para calcular los índices de sensibilidad</li> <li>• Por medio de simulación de Montecarlo se encontrarán los factores de incertidumbre sobre los pesos de cada subindicador, seguido de su análisis de sensibilidad.</li> </ul>

**Fuente:** propia

- **Criterio de búsqueda**

Base de datos:

Scopus

- **Frase**

TITLE-ABS-KEY ( **uncertainty** ) AND TITLE-ABS-KEY ( **sensitivity analysis** ) AND TITLE-ABS-KEY ( **composite indicator** )

### 5.1.2. Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators

- **Autores**

Saisana, M.  
Saltelli, A.  
Tarantola, S.

- **Fecha:** 2005

- **Objetivo.**

Presentar una propuesta de análisis de incertidumbre y sensibilidad

- **Resumen**

Composite indicators are increasingly used for bench-marking countries performances. Yet doubts are often raised about the robustness of the resulting countries rankings and about the significance of the associated policy message. We propose the use of uncertainty analysis and sensitivity analysis to gain useful insights during the process of building composite indicators, including a contribution to the indicators' definition of quality and an assessment of the reliability of countries' rankings. We discuss to what extent the use of uncertainty and sensitivity analysis may increase transparency or make policy inference more defensible by applying the methodology to a known composite indicator: the United Nations's technology achievement index

**Tabla 3 Análisis del artículo: Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators**

Propuesta del artículo	Propuesta de este trabajo
(Saisana et al., 2005) Propone el análisis de sensibilidad con indicadores compuestos basado en	Seguir con la propuesta, pero realizando el análisis de sensibilidad partiendo del método agregación de



Propuesta del artículo	Propuesta de este trabajo
varianza considerando tres tipos de incertidumbre: (A) métodos de normalización alternativos para los valores de los subindicadores, ( B ) los enfoques de ponderación alternativa (como BA y el AHP ) y, finalmente, (C) la incertidumbre en los pesos del sub-indicador	análisis envolvente de datos DEA.

**Fuente: propia**

- **Criterio de búsqueda**

Base de datos:

Scopus

- **Frase**

TITLE-ABS-KEY ( **uncertainty** ) AND TITLE-ABS-

KEY ( **sensitivity analysis** ) AND TITLE-ABS-KEY ( **composite indicator** )

### 5.1.3. Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en invernadero

- **Autores**

López-Cruz, Irineo L.

Salazar-Moreno, Raquel

Rojano-Aguilar, Abraham

Ruiz-García, Agustín

- **Fecha:** 2012

- **Objetivo.**

Análisis de sensibilidad global

- **Resumen**

El análisis de sensibilidad de un modelo matemático es relevante ya que permite determinar como la incertidumbre de las salidas del modelo puede ser asignada a sus variables de entrada. Hasta ahora se aplican métodos locales basados en el cálculo de derivadas parciales para modelos de cultivos en invernadero. Sin embargo, la limitante

principal del análisis de sensibilidad local es que proporciona información únicamente en el punto base donde las derivadas son calculadas, sin tomar en cuenta el resto del intervalo de variación de los factores de entrada. Para superar estas limitaciones se desarrollan enfoques de análisis de sensibilidad global como gráficas de dispersión, coeficientes de regresión estandarizados, métodos basados en el cálculo de varianzas, la prueba de efectos elementales y el filtrado de Monte Carlo. En el presente estudio se desarrolló un análisis de sensibilidad global basado en varianzas a un modelo de crecimiento para lechugas (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en invernadero. Primero se definieron las funciones de densidad de probabilidad para todos los parámetros del modelo. Después se desarrollaron 5000 simulaciones Monte Carlo con el método ampliado de Fourier (FAST) para calcular los índices de sensibilidad de primer orden, y los de orden total. Con el método de Sobol se usaron 3000 simulaciones Monte Carlo para calcular ambos índices de sensibilidad. El programa Simlab (versión 3.2) se usó para el análisis de sensibilidad y Matlab para realizar todas las simulaciones. Tanto el método FAST como el de Sobol permitieron determinar que los parámetros más importantes para la biomasa seca total del modelo son el coeficiente de conductancia foliar de  $\text{CO}_2$  ( $\sigma$ ), el coeficiente de eficiencia fotosintética ( $\epsilon$ ), la temperatura de tefetencia ( $T^*$ ), la presión osmótica de las vacuolas ( $\pi_v$ ) y el coeficiente de respiración de mantenimiento ( $k$ ).

Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en invernadero

**Tabla 4. Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en invernadero**

Propuesta del artículo	Propuesta de este trabajo
(López-Cruz, Salazar-Moreno, Rojano-Aguilar, & Ruiz-García, n.d.) analiza la sensibilidad global para un modelo de hortalizas siguiendo a (Saisana et al., 2005) basado en varianzas de primer orden	Este artículo, presenta una metodología clara para realizar el análisis de sensibilidad y además la utilización de un software Simlab (versión 2.2). Esta metodología se usará como apoyo en el análisis de sensibilidad de indicador compuesto.

Fuente: propia

- **Criterio de búsqueda**

Base de datos:

Scielo

- **Frase**

( **uncertainty** ) AND ( **sensitivity analysis** )

## **6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

La entidad encargada de realizar esta medición; es la Dirección Distrital De Desarrollo Institucional, la cual efectuó la primera medición para el año 2011<sup>2</sup>, esta medición se aplicó para evaluar a las entidades, se replica para los hospitales y las localidades; sin embargo, cuando se estaba recogiendo la información, se evidenció la necesidad de hacer algunos ajustes en algunos subindicadores para hospitales y localidades, pues se encontró que algunos de los elementos no eran aplicables a todos. La recolección de información dio como resultado, un modelo general con tres rankings que hiciera comparable la medición en entidades, hospitales y localidades.

Para el 2012 no se realizó ninguna medición, y en el 2013 se retomó la aplicación del índice, sin embargo, se encontró que algunos de los subindicadores se calculaban de manera diferente, ya no aplicaban o no se medían. Como resultado de estos hallazgos, fue necesario identificar los subindicadores que se mantenían y proponer otros que permitieran mantener las áreas del conocimiento que desde el Decreto de 2011 se habían fijado.

Con estos nuevos subindicadores, se dio inicio a la medición para el año 2013; este trabajo fue realizado con el apoyo de la Secretaría Distrital de Planeación, quienes a partir de la batería de subindicadores que se habían definido, realizaron un análisis exploratorio que permitiera decidir una técnica estadística adecuada que mejorara la medición realizada para el 2013, pues, se esperaba que arrojara resultados mucho más confiables.

A partir de este análisis se encontró que existían subindicadores que mantenían una alta correlación, y que por lo menos una de ellas debía ser eliminada del modelo, pues

---

<sup>2</sup> Los resultados de estas mediciones se pueden apreciar en [www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/informacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2014/Indice%20de%20desempeno%20organizacional%20Distrital.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/informacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2014/Indice%20de%20desempeno%20organizacional%20Distrital.pdf)

estarían explicando prácticamente lo mismo. Este análisis permitió definir los conjuntos de subindicadores óptimos para la medición del IDID; sin embargo, esta medición no fue comparable con la del año 2011, pues hubo gran variación de las entidades y hospitales en uno y el otro.

Adicionalmente, debido a los subindicadores que quedaron en el modelo, ya no era posible hablar de un índice de desarrollo institucional sino de uno de desempeño organizacional, por tal motivo, la versión que se publicó en la página de la Secretaría Distrital de Planeación se denominó Índice de Desempeño Organizacional Distrital – IDOD<sup>3</sup>.

Estos antecedentes muestran la importancia de utilizar una nueva herramienta para la medición del año 2015. Dado que en el 2014 no se hizo<sup>4</sup>.

## 7. OBJETIVOS DEL TRABAJO

### 7.1. Objetivo General

Construir el Índice de Desarrollo Institucional Distrital IDID

### 7.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión bibliográfica acerca del estado del arte sobre técnicas y métodos basados en análisis envolventes de datos DEA que son aplicables para construir indicadores compuestos.
- Identificar, documentar y analizar la técnica de ponderación y agregación ***Benefit of the Doubt (BOD)*** y compararlo con los modelos de análisis envolventes de datos DEA.

---

3

[www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/informacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2014/Indice%20de%20desempeno%20organizacional%20Distrital.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/informacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2014/Indice%20de%20desempeno%20organizacional%20Distrital.pdf)

<sup>4</sup> Los resultados de la medición del año 2015 pueden apreciarse en:

[http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice\\_Desarrollo\\_Institucional.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice_Desarrollo_Institucional.pdf)

los resultados de la medición del año 2016 se publicarán al final del trimestre 2017

- Identificar, documentar y analizar las técnicas de incertidumbre y sensibilidad para validar la calidad del indicador compuesto.
- Identificar y plantear claramente la problemática, las herramientas que serán implementadas para la construcción del indicador compuesto.
- Establecer las limitaciones del trabajo, las recomendaciones y propuestas de investigación para desarrollo de futuros trabajos de grado orientados a complementar y profundizar en el tema y plantear nuevas y mejores soluciones.

## 7. MARCO CONCEPTUAL

### 7.1. Índice (Indicador compuesto)

Cualquier institución: organizacional, estatal, o académica trata de capturar en un solo número, llamado índice o indicador compuesto, su desempeño o desarrollo relativo de varios países o regiones en un campo multidimensional, un ejemplo podría ser el índice de precios al consumidor que considera los costos de varios artículos comprados por una familia típica cada mes. Una canasta con 60 bienes se combina en un solo indicador ofreciendo una imagen más completa del costo relativo de vida en diferentes países que el precio de la carne, el pan o el combustible por sí solos<sup>5</sup>.

Según (A. Saltelli, Ratto, Tarantola, & Campolongo, 2006b) la idea de resumir fenómenos complejos en números individuales es muy atractiva, sin embargo el desarrollo de un indicador compuesto no es sencillo. Se trata de dos supuestos: teóricos y metodológicos que deben ser evaluados cuidadosamente para evitar resultados de rigor analítico dudoso. Los indicadores pueden crear polémica, cuando se usan para llamar la atención sobre un tema, y el análisis (cuando se utilizan para capturar fenómenos multidimensionales complejos), por esta razón, tanto su producción como su uso en el discurso político están en incremento. Esto también se debe al hambre de los medios por los "hechos" aparentemente sencillos que son objeto de estas medidas.

### 7.2. Indicador compuesto para medición de entidades distritales

En general un indicador es una función de indicadores subyacentes llamados subindicadores. Se asignan pesos a cada subindicador para expresar su relevancia en el contexto del fenómeno a medir. Sea  $m$  el número de entidades del distrito, cuya puntuación compuesta se construye sobre la base de  $q$  subindicadores.  $X_{ij}$  denota el valor para la entidad  $i$  con respecto al subindicador  $j$  y peso asignado  $w_j$

Como se menciona en la introducción a este trabajo, el fin del mismo es crear un indicador que tenga pesos individuales para cada subindicador y que el indicador

---

<sup>5</sup> <http://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu>

resultante sea máximo. Por tanto, se escogió la metodología de análisis envolvente de datos para este propósito. La cual se presenta en la sección siguiente.

### 7.2.1 Método de ponderación y agregación bajo análisis envolvente de datos DEA

Según (Nardo et al, 2005), este método combina la agregación de indicadores con la ponderación de los mismos. Además, proporciona pesos individuales a cada subindicador y el índice resultante es máximo.

Es claro que la puntuación de una entidad Distrital  $X_{kj}$  se comporta mejor o tiene mejor desempeño que la puntuación de la entidad  $X_{lj}$ , para el subindicador  $j$ , si  $X_{kj} > X_{lj}$ , pero también podría suceder lo contrario, que tenga mejor desempeño, si  $X_{kj} < X_{lj}$ , por tanto, se debe reescalar de tal manera que tengan el mismo comportamiento, la forma de reescalamiento es la siguiente:

Sea  $X_j$   $j = 1, \dots, q$  el vector para el subindicador  $j$ , sea  $Y_{ij}$  el valor reescalado entonces

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad \text{ó} \quad Y_{ij} = \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)}$$

Seguido del reescalamiento se introduce la construcción del indicador. en la literatura lleva por nombre **Benefit of the Doubt (BOD)** ver (Nardo et al, 2005). En general se puede definir un índice como la proporción del desempeño real sobre el desempeño de referencia, donde el desempeño se mide como una suma ponderada de los valores de los subindicadores individuales. Sea  $Y_e$   $i = 1, \dots, m$  el vector de referencia traspuesto para la entidad  $e$ , por tanto, el índice para la entidad es:

$$I_e = \frac{\sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{ej}}{\sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{ej}^*}$$

Es importante que el vector de referencia sea el que tenga mayor desempeño, por tanto

$$Y_e^* = \operatorname{argmax}_{Y_k: k=1, \dots, m} \sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{kj}$$

Donde  $Y_k = [Y_{k1}, \dots, Y_{kq}]'$ ,  $k = 1, \dots, m$  son los subindicadores reescalados para la entidad  $k$ .

Los pesos  $w_{ej}$  deben ser no negativos, por ende

$$\max_{w_{ej}} IC_e = \frac{\sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{ij}}{\max_{Y_k: k=1, \dots, m} \sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{kj}}$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{kj} \leq 1, k = 1, \dots, m$$

$$w_{ej} \geq 0, j = 1, \dots, q$$

Es evidente que este modelo no es de programación lineal. Por tanto

$$r = \frac{1}{\max_{Y_k: k=1, \dots, m} \sum_{j=1}^q w_{ej} Y_{kj}}$$

$$\max_{Y_k: k=1, \dots, m} \sum_{j=1}^q r w_{ej} Y_{kj} = 1$$

Sea  $r w_{ej} = \mu_{ej}$ , además la restricción  $\max_{Y_k: k=1, \dots, m} \sum_{j=1}^q \mu_{ej} Y_{kj} = 1$  es innecesaria, pues al maximizar los  $\mu_{ej}$  por lo menos existe un vector  $Y_k$  tal que  $\sum_{j=1}^q \mu_{ej} Y_{kj} = 1$

Así siguiendo a (Cherchye et al., 2008) resulta el modelo de programación lineal que representa el indicador para la entidad  $e \quad e = 1, \dots, m$

$$\max_{\mu_{ej}} IC_e = \sum_{j=1}^q \mu_{ej} Y_{ej}$$

Sujeto a

(7.2.1)

$$\sum_{j=1}^q \mu_{ej} Y_{kj} \leq 1 \quad k = 1, \dots, m$$

$$\mu_{ej} \geq 0 \quad j = 1, \dots, q$$

**(7.2.1) representa el modelo clásico de análisis envolvente de datos DEA-CCR con orientación a los inputs** (Charnes A, Cooper WW and Rhodes E, 1978) con múltiples salidas que son representadas por los subindicadores reescalados de la entidad y una sola entrada ficticia que se presenta por un vector de unos.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la “**Dirección Distrital De Desarrollo Institucional**”, en el sentido de que las ponderaciones en los subindicadores no fueran nulas, se logar este objetivo creando restricciones en los pesos.

$$\frac{\mu_{ej}Y_{ej}}{\sum_{j=1}^q \mu_{ej}Y_{ej}} ; \quad e = 1, \dots, m$$

(Wong Y-HB and Beasley, 1990). Este cociente representa la porción de subindicador  $j$  en el indicador compuesto para la entidad  $e$ , Por tanto, resulta la restricción

$$a_j \leq \frac{\mu_{ej}Y_{ej}}{\sum_{j=1}^q \mu_{ej}Y_{ej}} \leq b_j ; \quad e = 1, \dots, m \quad (7.2.2)$$

Además, Siguiendo a (Andersen y Petersen.1993), (Cazals, Florens, & Simar, 2002) se logran hallar las puntuaciones más alejadas, este modelo se le llama puntuación por supereficiencia y representa el modelo de programación lineal siguiente.

$$\max_{\mu_{ej}} IC_e = \sum_{j=1}^q \mu_{ej}Y_{ej}$$

Sujeto a

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^q \mu_{ej}Y_{kj} \leq 1 \quad k = 1, \dots, m$$

$$\mu_{ej} \geq 0 \quad j = 1, \dots, q$$

para cada entidad  $e$ ,  $e = 1, \dots, m$  (7.2.3)

Al determinar las puntuaciones mayores a uno, se puede tomar nuevas restricciones en los pesos y disminuir la puntuación en estos indicadores.

La forma dual del modelo de programación lineal (7.2.1) resulta:

$\min_{\theta}$   
sujeto a:

$$\theta \geq \sum_{j=1}^m \beta_j$$

$$Y^T \beta \geq Y_i^T \quad (7.2.4)$$

$$\beta \geq 0$$

$$\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)^T \quad Y_{m \times q} \text{ matriz de subindicadores.}$$

Tratándose de que la forma dual del modelo (7.2.4) es radial, se puede hacer la transformación:  $\beta = \frac{\lambda}{\phi}$  y  $\theta = \frac{1}{\phi}$  resultando el modelo:

$$\max_{\phi} \phi$$



sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m \lambda_j &\leq 1 \\ Y^T \lambda &\geq \phi Y_i^T \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (7.2.5)$$

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)^T$   $Y_{m \times q}$  matriz de subindicadores.

Dado que  $\lambda$  forma una combinación lineal convexa con las filas de  $Y^T$  el modelo (7.2.5) se escribe como:

$$\max \phi$$

sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m \lambda_j &= 1 \\ Y^T \lambda &\geq \phi Y_i^T \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (7.2.6)$$

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)^T$   $Y_{m \times q}$  matriz de subindicadores.

Sin utilizar la forma matricial de modelo (7.2.6), se obtiene

$$\max \phi_e$$

sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m Y_{jk} \lambda_j &\geq \phi_e Y_{ek} \quad k = 1, \dots, q \\ \sum_{j=1}^m \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0 \quad j = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (7.2.7)$$

El modelo de programación lineal (7.2.7) el cual es equivalente al modelo (7.2.1), no muestra la puntuación del indicador como lo hace el modelo (7.2.1), es útil, dado que toda entidad distrital puede compararse con las demás por medio de los  $\lambda_j$ . Estas comparaciones de pueden apreciar en la tabla anexa 40

Para validar la robustez de este indicador, se realizará análisis de sensibilidad, tomado de ***SENSITIVITY ANALYSIS IN PRACTICE* Andrea Saltelli, Stefano Tarantola, Francesca Campolongo and Marco Ratto**, a continuación, se hace una descripción de los conceptos básicos de análisis de incertidumbre y sensibilidad.

### 7.3. Análisis de incertidumbre aplicado a indicadores compuestos

Siguiendo a (A. Saltelli, Ratto, Tarantola, & Campolongo, 2006a) y (Nardo et al, 2005) supóngase en forma general un indicador compuesto  $IC_j = f_{rs}(y_{1j}, \dots, y_{mj}, w_{s1}, \dots, w_{sm})$

para la unidad de análisis  $j$ ,  $y_{mj}$  muestra los subindicadores y  $w_{sp}$  representa los factores de peso según el método de ponderación  $s$  y con una fórmula de agregación  $r$ . Para cada unidad de análisis  $j$  se puede considerar su valor de ranking  $Ranking(IC_j)$ , además se puede estimar la diferencia agregada respecto a una metodología de referencia, por tanto, se calcula

$$\bar{R}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$$

Donde  $|ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$  es el número de posiciones que cambia, hacia arriba o hacia abajo, la unidad  $j$  de una ordenación a otra. Para estimar la función de distribución para  $Ranking(IC_j)$  y  $\bar{R}_s$  se aplica Montecarlo de la siguiente manera:

Se consideran factores de variabilidad discreta, finita y se realiza el tanteo de alternativas con simulación de Montecarlo, por ejemplo, se puede considerar fuente de variabilidad;  $\chi_1$  inclusión o exclusión de variables,  $\chi_2$  la fórmula de agregación,  $\chi_3$  el método de cálculo de los factores de peso. La tabla 5 muestra el factor de incertidumbre  $\chi_k$ , con  $p$  alternativas a escoger, y  $\varsigma$  una variable uniforme [0.1] generada en la simulación.

**Tabla 5. SENSITIVITY ANALYSIS IN PRACTICE**

$\varsigma$	$f_{\chi_k}(\varsigma)$
Si $\varsigma \in [0, \frac{1}{p})$	Alternativa 1
Si $\varsigma \in [\frac{1}{p}, \frac{2}{p})$	Alternativa 2
....	.....
Si $\varsigma \in [\frac{p-1}{p}, 1]$	Alternativa $p$

Fuente: SENSITIVITY ANALYSIS IN PRACTICE

Se generarán aleatoriamente un número  $N$  de muestras compuestas por las combinaciones de los factores de variabilidad  $\mathbb{X}^g = \{\chi_1^g, \chi_2^g, \chi_3^g, \dots, \chi_e^g\}$  donde  $g \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$  una las de  $N$  muestras y  $e$  número de factores de incertidumbre o de variabilidad consideradas para la unidad de análisis  $j$ . Para cada muestra se evalúa el indicador y luego se computa el escalar  $\mathbb{Y}^g$  que puede ser  $Ranking(IC_j)$  o  $\bar{R}_s$  según se elija. En la sección 7.4 se presenta una metodología para medir el comportamiento de  $Ranking(IC_j)$  o  $\bar{R}_s$  frente cada uno de los factores de incertidumbre, a esto se le llama análisis de sensibilidad.

#### 7.4. Análisis de sensibilidad: métodos y ajustes

Tomado de ***Global Sensitivity Analysis. The Primer***. Andrea Saltelli, Marco Ratto, Terry Andres, Francesca Campolongo, Jessica Cariboni, Debora Gatelli, Michaela Saisana y Stefano Tarantola (2009)

##### 7.4.1 Análisis de sensibilidad basado en varianza (índice de efectos principales)

Supóngase el modelo general

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$$

Cada  $X$  tiene un rango no nulo de variación o incertidumbre y se quiere determinar qué pasaría con la incertidumbre de  $Y$  si se fija un factor. Supóngase que se fija el factor  $X_i$  en el valor  $x_i^*$ . Sea  $V(Y|X_i = x_i^*)$  (varianza de  $Y$  dado  $X_i$  y además  $V(Y|X_i = x_i^*) > V(Y)$ ). Si se toma en cambio el promedio de esta medida sobre todos los puntos posibles  $x_i^*$ , de la dependencia. Es decir  $E(V(Y|X_i)) \leq V(Y)$ . Por otra parte, por la propiedad de descomposición de la varianza condicional se puede descomponer la varianza total como  $V(Y) = V(E(Y|X_i)) + E(V(Y|X_i))$ . Siguiendo a (Saisana et al., 2005) el calcular las varianzas de las variables de salida permite detectar la variable de mayor influencia para el modelo. El índice de sensibilidad de primer orden  $S_i$  representa la contribución del efecto principal de cada factor de entrada con respecto a la varianza total de la variable de salida:

$S_i = \frac{V(E(Y|X_i))}{V(Y)}$ , donde  $V(E(Y|X_i))$  es la cantidad de varianza esperada (efecto principal) que podría ser removida de la varianza total de la salida  $V(Y)$ , así  $E(V(Y|X_i))$  estaría representando el valor esperado de la varianza de la variable respuesta de salida que podría permanecer inexplicada (varianza residual). Se tiene conjuntamente que  $0 \leq S_i \leq 1$

##### 7.4.2 Análisis de sensibilidad basado en varianza (índice de efectos totales)

Por otra parte, si se analiza el índice de efectos totales  $S_{T_i}$  da cuenta de la contribución total de la salida debida al factor  $X_i$ ; es decir, los efectos de primer orden más los efectos debido a las interacciones entre los parámetros. Así:

$V(Y) = V(E(Y|X_{-i})) + E(V(Y|X_{-i}))$ , donde  $X_{-i}$  es un vector sin el factor  $X_i$

$$S_{T_i} = 1 - \frac{V(E(Y|X_{-i}))}{V(Y)} = \frac{E(V(Y|X_{-i}))}{V(Y)}$$

Donde  $V(E(Y|X_{-i}))$  es la cantidad esperada de varianza que sería removida de la varianza total al considerar todos los términos de cualquier orden que no incluyan el factor  $X_i$ . En general,  $S_{T_i} \geq S_i$  (Saisana et al., 2005).

La interpretación de los índices, de acuerdo (Saisana et al., 2005), es como sigue: si el factor  $X_i$  no está involucrado en las interacciones con otros factores, entonces  $S_{T_i} = S_i$  de lo contrario  $S_{T_i} > S_i$ . La diferencia  $S_{T_i} - S_i$  indica en qué medida el factor  $X_i$  está involucrado en las interacciones. Si se obtiene  $S_{T_i} = 0$  implica que el factor  $X_i$  no es influyente y puede ser fijado en cualquier valor, sin afectar la varianza de la variable de salida. Además, la suma de todos los  $S_i$  es igual a la unidad en el caso de modelos aditivos, y menor que uno en caso de modelos no aditivos. La suma de todos los  $S_{T_i}$  es siempre mayor a uno, y solamente es igual a la unidad en el caso de modelos aditivos.

#### 7.4.3 Índices de sensibilidad de orden

Para calcular los índices de efectos totales, es necesario calcular los índices de cualquier orden, así, supóngase  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)'$  siguiendo a (Sobol' & Kucherenko, 2010) ANOVA-HDMR descomposición

$$Y = f(X) = f_0 + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 0 < i < j}} f_{ij}(X_i, X_j) + \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 0 < i < j < k}} f_{ijk}(X_i, X_j, X_k) + \dots + f_{123\dots n}(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (7.4.3.1)$$

De la formula (7.4.3.1) se obtiene

$$V(Y) = \sum_{i=1}^n V_i + \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 0 < i < j}} V_{ij} + \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 0 < i < j < k}} V_{ijk} + \dots + V_{123\dots n} \quad (7.4.3.2)$$

Para comprender el desarrollo de la formular (7.4.3.2), se desarrolla el ejemplo para el caso  $n=3$ , así:

$$\begin{aligned} V(f_0) &= V(E(Y)) = 0; \\ V(E(Y|X_1)) &= V(f_1(X_1)) + V(E(Y)) = V_1; \\ V(E(Y|X_2)) &= V(f_2(X_2)) + V(E(Y)) = V_2; \\ V(E(Y|X_3)) &= V(f_3(X_3)) + V(E(Y)) = V_3; \end{aligned}$$

$$V(E(Y|X_1, X_2)) = E(Y|X_{-3}) = V(f_{12}(X_1, X_2)) + V(f_1(X_1)) + V(f_2(X_2)) + V(f_0) = V_{12} + V_1 + V_2;$$

$$V(E(Y|X_1, X_3)) = E(Y|X_{-2}) = V(f_{13}(X_1, X_3)) + V(f_1(X_1)) + V(f_3(X_3)) + V(f_0) = V_{13} + V_1 + V_3;$$

$$V(E(Y|X_2, X_3)) = E(Y|X_{-1}) = V(f_{23}(X_2, X_3)) + V(f_2(X_2)) + V(f_3(X_3)) + V(f_0) = V_{23} + V_2 + V_3;$$

$$V(Y) = V_1 + V_2 + V_3 + V_{12} + V_{13} + V_{23} + V_{123};$$

En forma general  $V_i = V(E(Y|X_i))$ ;  $E(Y|X_i, X_j) = V_{ij} + V_i + V_j$ ;  $V_{ijk} = E(Y|X_i, X_j, X_k) = V_{ijk} + V_{ij} + V_{jk} + V_{ik} + V_i + V_j + V_k$

Al dividir (7.4.3.2) por  $V(Y)$  por se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n S_i + \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 0 < i < j}} S_{ij} + \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 0 < i < j < k}} S_{ijk} + \cdots + S_{123\dots n} = 1$$

De esta manera se calculan las iteraciones entre dos factores  $X_i, X_j$ .  $V(E(Y|X_i, X_j))$  es la cantidad esperada de varianza que sería removida de la varianza total, obteniéndose:

$$V(E(Y|X_i, X_j)) = V_{ij} + V_i + V_j$$

Y se obtiene el índice:

$$\frac{V(E(Y|X_i, X_j))}{V(Y)} = S_i + S_j + S_{ij}$$

Para el caso de que se tengan tres factores de incertidumbre, es decir, en el caso  $n=3$  resultan 7 índices  $S_1, S_2, S_3, S_{12}, S_{13}, S_{23}, S_{123}$  y para el caso  $n=10$ , 1023. En el caso general de  $k$  factores resultan  $2^k - 1$  índices.

Para el caso  $n=3$ , se tiene:

$$S_{T_1} = \frac{V(Y) - V(E(Y|X_{\sim 1}))}{V(Y)}$$

$$= \frac{V(Y) - V(E(Y|X_2, X_3))}{V(Y)}$$

$$= \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_{12} + V_{13} + V_{23} + V_{123} - (V_2 + V_3 + V_{23})}{V(Y)} =$$

$$S_1 + S_{12} + S_{13} + S_{123},$$

Donde  $X_{\sim 1}$  es el vector de todos los factores de incertidumbre, excepto el factor  $X_1$  Y análogamente

$$S_{T_2} = S_2 + S_{12} + S_{23} + S_{123}$$

$$S_{T_3} = S_3 + S_{13} + S_{23} + S_{123}$$

En las secciones 7.4.1 a 7.4.3 se presentó la metodología para los análisis de sensibilidad, pero existen casos donde este cálculo puede ser difícil realizarlo analíticamente, por tanto, se debe trabajar con estimaciones, un algoritmo que podría aplicarse se presenta en la sección 7.4.4.

#### 7.4.4 estimación de los índices de sensibilidad

Siguiendo a (A. Saltelli & Becker, 2012), (I. M. Sobol 1993) la estimación de los índices se puede obtener haciendo un proceso de Monte Carlo con los siguientes pasos:

- 1) Generar una matriz de tamaño  $N \times 2k$ ,  $N$  número de simulaciones,  $k$  número de factores de incertidumbre, las filas son un punto de muestreo en el hiperespacio de dimensión  $2k$ . Esto se debe hacer con respecto a la distribución de probabilidad de las variables de entrada.
- 2) Nombrar las primeras  $k$  columnas como  $A$  y las siguientes como  $B$  es claro que están son dos muestras independientes, de  $N$  puntos en el hipercubo (de unidad, si las distribuciones son uniformes en el intervalo  $[0,1]$ ) de dimensión  $k$ .
- 3) Construir unas matrices  $N \times k$   $A_B^i$  para  $i = 1, \dots, k$  talque la  $i$  – esima columna de  $A_B^i$  sea igual a la  $i$  – esima columna de  $B$  y las restantes son las de  $A$ . (Análogo se construya la matriz  $B_A^i$ ).
- 4) Las matrices  $A$ ,  $B$  y  $A_B^i$  o  $A$ ,  $B$  y  $B_A^i$  en total forman una matriz de tamaño  $N(k + 2)$ , es decir.  $N(k + 2)$  puntos en el espacio de entrada (uno por cada fila), evaluar las matrices  $f(A)$ ,  $f(B)$  y  $f(A_B^i)$ . o  $f(A)$ ,  $f(B)$  y  $f(B_A^i)$ .
- 5) Para calcular los índices se puede usar algunas de las siguientes estimaciones:

Tabla 6 estimaciones de los indicadores primordiales y totales. Tomado de (A. Saltelli & Becker, 2012)

$V(E((Y X_i)))$ para $S_i$	referencia
a) $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(A)_j f(B_A^i)_j - f_0^2$	(I. M. Sobol 1993)
b) $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(B)_j (f(A_B^i)_j - f(A)_j)$	(A. Saltelli & Becker, 2012)

c) $V(Y) - \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \left( f(B)_j - f(A_B^i)_j \right)^2$	(M.J.W. Jansen, 1999)
$E(V((Y X_{-i})))$ para $S_{T_i}$	
d) $V(Y) - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(A)_j f(B_A^i)_j + f_0^2$	(T. Homma, A. Saltelli, 1996)
e) $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(A)_j (f(A)_j) - f(A_B^i)_j$	(I. M. Sobol 2007)
f) $\frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \left( f(A)_j - f(A_B^i)_j \right)^2$	(M.J.W. Jansen, 1999) y (A. Saltelli & Becker, 2012)

**Fuente:** propia basada en (A. Saltelli, 2012)

**Nota:** según (A. Saltelli & Becker, 2012) la exactitud de los estimadores depende de  $N$ , el valor se puede elegir añadiendo puntos secuenciales y calcular los índices hasta que los valores estimados alcancen alguna convergencia aceptable. Es ventajoso, si se adicionan puntos con secuencias de discrepancia baja, como las secuencias de Sobol (IM Sobol 1967)

## 8. Aplicación del estudio de caso en la creación del Índice De Desarrollo Institucional Distrital IDID (indicador compuesto para las entidades distritales)

Según los expertos de la dirección de desarrollo del distrito. Un Índice de Desarrollo Institucional posee tres dimensiones fundamentales:<sup>6</sup> una dimensión llamada **MISIONAL Y DE GOBIERNO**, esta se subdivide en tres sub-dimensiones: **Gestión pública, Acceso a la información y Plan de desarrollo**, lo que conlleva a tener el mayor peso en el indicador general y las demás **GESTIÓN DE TALENTO HUMANO y GESTIÓN PÚBLICA** con pesos iguales. (Ver ilustración 1)

6

[http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice\\_Desarrollo\\_Institucional.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice_Desarrollo_Institucional.pdf)



Ilustración 1 peso de cada dimensión

En la tabla 7 se presenta todas las entidades distritales

Tabla 7 Entidades Distritales y objetivos

ind	entidades distritales
ENT1	Secretaría General
ENT2	Secretaría Distrital de Gobierno
ENT3	Secretaría Distrital de Hacienda
ENT4	Secretaría de Educación del Distrito
ENT5	Secretaría Distrital de Movilidad
ENT6	Secretaría Distrital de Salud
ENT7	Secretaría Distrital de Desarrollo Económico
ENT8	Secretaría Distrital del Hábitat
ENT9	Secretaría Distrital de Cultura, Recreación y Deporte
ENT10	Secretaría Distrital de Planeación
ENT11	Secretaría Distrital de la Mujer
ENT12	Secretaría Distrital de Integración Social
ENT13	Departamento Administrativo del Servicio Civil Distrital-DASCD
ENT14	Secretaría Distrital de Ambiente
ENT15	Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público
ENT16	Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos
ENT17	Instituto para la Economía Social - IPES
ENT18	Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático -



	IDIGER
ENT19	Instituto de Desarrollo Urbano - IDU
ENT20	Fondo de Prestaciones Económicas, Cesantías y Pensiones
ENT21	Caja de Vivienda Popular
ENT22	Instituto Distrital de Recreación y Deporte - IDRD
ENT23	Instituto Distrital del Patrimonio Cultural - IDPC
ENT24	Instituto Distrital para la Protección de la Niñez y la Juventud- IDIPRON
ENT25	Fundación Gilberto Alzate Avendaño
ENT26	Orquesta Filarmónica de Bogotá
ENT27	Fondo de Vigilancia y Seguridad
ENT28	Jardín Botánico "José Celestino Mutis"
ENT29	Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico-IDEP
ENT30	Instituto Distrital de la Participación y Acción Comunal
ENT31	Instituto Distrital de Turismo
ENT32	Instituto Distrital de las Artes
ENT33	Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital
ENT34	Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial
ENT35	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos
ENT36	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. - EAAB
ENT37	Lotería de Bogotá
ENT38	Canal Capital
ENT39	Metrovivienda
ENT40	Transmilenio S.A.
ENT41	Empresa Renovación Urbana
ENT42	Universidad Distrital

Fuente: propia

La tabla 8 muestra los subindicadores propuestos según la dirección de desarrollo institucional.

**Tabla 8 distribución de los indicadores**

	dimensión	subindicadores	ind	nombre de sub-indicador
	MISSIONAL Y	Gestión	Y1	Composición del Presupuesto

ÍNDICE DE DESARROLLO INSTITUCION AL DISTRITAL IDID	DE GOBIERNO	presupuestal	Y2	Número de modificaciones
			Y3	Ejecución del PAC
			Y4	Ejecución de las reservas
		Acceso a la información	Y5	Cumplimiento de estándares Básicos de acceso a la información pública
			Y6	Estándares básicos de transparencia y anticorrupción
			Y9	Tiempo de respuesta de la PQR
		Plan de desarrollo	Y7	contratación
			Y8	Promedio Porcentaje de Avance de las Metas de Gestión y/o Resultado del Plan de Desarrollo a 31 de diciembre del año 2015
			Y10	Nivel de meritocracia
	GESTIÓN DE TALENTO HUMANO		Y11	Estabilidad Laboral Empleados Públicos
			Y12	Nivel de Provisionalidad
			Y13	Nivel de Vacancia
			Y14	Personal por prestación de servicios
	GESTIÓN PUBLICA		Y15	Porcentaje de Implementación Sistema integrado de Gestión
			Y16	Porcentaje de implementación del PIGA (PLAN INTEGRAL DE GESTION AMBIENTAL)

Fuente: propia basada en decreto 114 2016

La tabla 9 muestra la descripción de cada subindicador y como se efectuó el calculo

[Tabla 9 sub-indicadores tomado de la propuesta para creación del IDiD](#)

ind	nombre de sub-indicador	Descripción	calculo
Y1	Composición del Presupuesto	la ley 617 del 2000 establece los límites que deben tener los gastos de funcionamiento para los distritos y municipios, que para el caso de Bogotá por ser de categoría especial debe ser del 50%.	Presupuesto de inversión/ presupuesto asignado
Y2	Número de modificaciones	La puntuación de esta variable se estableció mediante curva asignándole una mayor	Numero de modificaciones presupuestales por vigencia

		puntuación a la entidad con menor número modificaciones presupuestales por vigencia y un menor puntaje a las entidades con mayor porcentaje, teniendo en cuenta que no existe un número límite de modificaciones por vigencia.	
Y3	Ejecución del PAC	El Programa Anual Mensualizado de Caja (PAC), se define como un instrumento de administración financiera mediante el cual se verifica y aprueba el monto máximo mensual de fondos disponibles para las entidades financiadas con los recursos del Distrito.	Pac no ejecutado /pac programado
Y4	Ejecución de las reservas	Evaluar la capacidad de la entidad para ejecutar las reservas de la vigencia.	Porcentaje presentado por el PAC
Y5	Cumplimiento de estándares Básicos de acceso a la información pública	Los estándares son: Condiciones institucionales para la divulgación de la información Divulgación de la gestión administrativa Divulgación de medidas anticorrupción	Porcentaje presentado por Veeduría Distrital
Y6	Estándares básicos de transparencia y anticorrupción	Los estándares son: Componente anti trámites Componente de rendición de cuentas Componente de atención al ciudadano	Porcentaje presentado por Veeduría Distrital
Y7	contratación	Esta variable quiere medir cuales entidades utilizan la contratación Directa no como una excepción, como lo establece la norma sino como la regla, lleno en contravía de la ley 80 que dice que este tipo de contratación solo se utilizará en casos excepcionales los cuales serían: Los contratos para el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas Los contratos de encargo fiduciario que celebren las entidades territoriales cuando inician el Acuerdo de Reestructuración de Pasivos a que se refieren las Leyes 550 de 1999, 617 de 2000 y las normas que las modifiquen o adicionen, siempre y cuando los celebren con entidades financieras del sector público; Para la prestación de servicios profesionales y de apoyo a la gestión, o para la ejecución de trabajos artísticos que sólo puedan encomendarse a determinadas personas naturales;	Número de contratos adjudicados por contratación Directa/número total de contratos

Y8	Promedio Porcentaje de Avance de las Metas de Gestión y/o Resultado del Plan de Desarrollo a 31 de diciembre del año 2015	Esta variable quiere mostrar el promedio del porcentaje avance de las metas y/o resultados del plan de desarrollo en el periodo evaluado; tomando el porcentaje de cada una de las metas de cada proyecto prioritario de cada entidad.	Porcentaje presentado por ministerio de hacienda
Y9	Tiempo de respuesta de la PQR	promedio de tiempo de respuesta en días de diferentes tipos de PQR, que deben resolverse en diferentes tiempos, Derechos de Petición en Interés General o Particular(10 días para solicitud documentos y 15 para otro tipo de peticiones), Quejas, Reclamos, Sugerencias, Felicitaciones, Consultas(30 días hábiles o 5 días calendario se realizada por un congresista), Solicitudes de Acceso a la Información, Solicitudes de Copia y Denuncias por Posibles Actos de Corrupción, las cuales. En General salvo norma legal especial toda petición debe resolverse en 15 días hábiles.	tiempo
Y10	Nivel de meritocracia	Esta variable nos muestra cuales entidades han realizado más esfuerzos para proveer los empleos de manera definitiva mediante concurso de méritos a través de la CNSC, se le asignó una puntuación por curva dándole un puntaje más alto a las que porcentualmente se han esforzado por la realización de estos concursos de mérito abiertos a cualquier ciudadano colombiano, a las demás entidades de les asigno el puntaje mediante regla de tres inversas. Esta variable no aplicaría para las empresas comerciales debido que no se rigen por la ley 909 de 2004 y no están obligadas a realizar concursos de mérito abiertos.	Nivel de meritocracia:(Número de empleos provistos de manera definitiva por concurso de méritos/Número total de empleos de la planta de personal)
Y11	Estabilidad Laboral Empleados Públicos	Esta variable muestra la permanencia en el empleo independientemente de la administración que llegue	Nivel Estabilidad Laboral Empleados Públicos:( Número de empleos provistos de manera definitiva mediante nombramiento ordinario (antes de la convocatoria 001 de 2005), encargo, comisión, y concurso de méritos/Número total de empleos

			públicos de la planta de personal (sin trabajadores oficiales)
Y12	Nivel de Provisionalidad	Esta variable quiere mostrar el nivel porcentual de empleados en condición de provisionalidad; debido a que a pesar de que es una práctica permitida por la ley, es claro que debe cumplirse en casos excepcionales, y no debe convertirse en la regla, y solo debe presentarse cuando efectivamente se compruebe mediante un proceso interno que ningún empleado de carrera administrativa cumple con los requisitos establecidos para dicho cargo, solo en ese caso se puede nombrar a un provisional. Después de nombrado al alguien en provisionalidad la administración debe realizar las acciones necesarias para proveer el cargo mediante concurso de méritos de acuerdo con la ley 909 de 2004. Se le asignó un puntaje de 100 puntos a la entidad que menor porcentaje de empleados en provisionalidad, y mediante regla de proporción inversa se calculó el puntaje de las otras entidades teniendo como línea base la empresa que se le dio el puntaje de 100. Esta variable no aplica para las empresas sociales y comerciales del estado.	Nivel de Provisionalidad (Número de empleados nombrados en Provisionalidad/Número total de empleos públicos)
Y13	Nivel de Vacancia	Esta variable busca medir el nivel de vacancia temporal y permanente de los empleos de carrera administrativa y libre nombramiento y remoción, que no han sido provistos mediante provisionalidad, encargo o concurso de mérito, asignando un puntaje e 100 puntos a aquellas entidades que tienen un porcentaje de vacancia de 0% y de 99 puntos a la entidad o entidades con el segundo menor nivel de vacancia. Mediante regla de proporción inversa teniendo como base la entidad que saca el segundo mejor puntaje, es decir 99, se calcula mediante regla de proporción inversa	Nivel de Vacancia:(Empleos en vacancia temporal y permanente/Número total de empleos públicos de la planta de personal (sin trabajadores oficiales)
Y14	Personal prestación de servicios	Esta variable quiere mostrar cuales entidades utilizan los contratos de prestación de servicio de una manera excesiva teniendo en cuenta que esta es una modalidad de vinculación con el Estado de tipo excepcional, que se justifica constitucionalmente si es concebida	Número Total de contratos de Prestación de servicios/Número Total de empleos Públicos Incluyendo la planta temporal

		como un instrumento para atender funciones ocasionales, que son aquellas que no hacen parte del “giro ordinario” de las labores encomendadas a la entidad, o que, siendo parte de ellas, no pueden ejecutarse con empleados de planta o requieren de conocimientos especializados; vinculación que en ningún caso debe conllevar subordinación.	
Y15	Porcentaje de Implementación Sistema integrado de Gestión	Porcentaje de Implementación Sistema integrado de Gestión	Porcentaje presentado por Instituto para la economía social
Y16	Porcentaje de implementación del PIGA (PLAN INTEGRAL DE GESTION AMBIENTAL)	Esta variable busca medir el porcentaje de implementación del PIGA (Plan Institucional de Gestión Ambiental, que establece 5 programas de gestión ambiental dentro de los cuales se da cumplimiento a los objetivos de ecoeficiencia del Plan de Gestión Ambiental, establecidos por la norma y que son los mínimos que debe tener una entidad en el marco de este instrumento de planeación sin embargo puede proponer otros. Estos programas serian: 1. Uso eficiente del Agua, 2. Uso eficiente de la energía, 3, Gestión Integral de Residuos, 4. Consumo Sostenible, 5, Implementación de Practicas Sostenibles (Movilidad Urbana sostenible, mejoramiento de las condiciones Internas y/o de su entorno, adaptación al cambio climático	Porcentaje presentado por Instituto para la economía social

Fuente: propia

La idea original, de crear un solo indicador por cada dimensión, no se logró en la dimensión **MISIONAL Y DE GOBIERNO**, una posible explicación, es que las subdimensiones son de naturaleza distinta, como se nota en la tabla 9. Esto conlleva a realizar cinco indicadores y con ellos ponderar uno generar (ver ilustración 1).

Como se presentó en la sección 7 la metodología de ponderación y agregación refiere al modelo de análisis envoltante de datos DEA CCR. Cabe recordar que las salidas de este modelo son todos los subindicadores y solo tiene una entrada, que es un vector ficticio de unos (ver sección 7). A continuación, se presentarán los indicadores según este modelo.

Conforme a las recomendaciones de los expertos de la **Dirección De Desarrollo Distrital**, el peso de cada subindicador debe ser no nulo, para cumplir este requerimiento es necesario ejecutar el modelo DEA CCR sin usar restricciones en los pesos, y sobre este localizar los pesos nulos y crear nuevas restricciones para estos.

En la tabla 10 se presentan los indicadores sin restricciones según el modelo 7.2.1 de la sección 7.2, los cuales fueron obtenidos con el software de MATLAB 7, cuya utilidad es localizar los pesos de subindicadores nulos. (Ver tablas anexas 31- 34) y así se agrega al modelo 7.2.1 las restricciones 7.2.2 para cada uno de los subindicadores.

**Tabla 10 INDICADORES SIN RECTRICIONES**

ind	MISIÓN Y FUNCIÓN PUBLICA			TALENTO HUMANO	GESTIÓN PUBLICA
	gestión presupuestal	acceso a la información	plan de desarrollo		
ENT1	0,8717	1	0,956	1	1
ENT2	0,9762	1	1	0,9213	0,781
ENT3	0,9896	0,9897	0,8702	1	0,8951
ENT4	0,8929	0,683	0,9442	0,9603	0,8068
ENT5	1	0,7704	0,9772	1	0,8401
ENT6	0,8517	0,8249	0,8565	0,9393	0,7262
ENT7	0,8524	0,7859	0,9707	0,9057	0,9437
ENT8	1	1	0,7723	0,9958	0,6568
ENT9	0,9783	0,8512	0,8554	0,9993	0,8358

ENT10	0,9192	0,9357	0,9642	0,9862	0,8364
ENT11	0,9089	0,9136	0,9263	0,9976	1
ENT12	0,904	0,706	1	0,8858	0,9604
ENT13	0,9223	1	0,8385	0,9257	0,8327
ENT14	1	0,8589	0,8471	0,9555	0,9044
ENT15	1	0,8625	1	1	0,8423
ENT16	0,9282	0,9622	0,7509	0,8518	1
ENT17	0,9665	0,9564	0,9596	1	0,6865
ENT18	1	0,8417	0,8103	1	0,9668
ENT19	0,9728	0,8681	0,9804	0,9801	0,9165
ENT20	0,9742	0,8197	0,9465	0,8135	0,8765
ENT21	1	0,8723	0,9264	1	0,7601
ENT22	1	0,8832	0,83	1	1
ENT23	1	1	0,8215	1	0,929
ENT24	1	0,9737	0,9524	0,9886	0,9115
ENT25	1	0,9224	0,946	0,9303	0,8668
ENT26	0,9895	0,6994	0,7093	1	0,871
ENT27	1	0,8542	0,9484	1	0,904



ENT28	0,995	0,7997	1	0,9074	0,9514
ENT29	0,996	0,8693	0,6676	0,9583	0,9823
ENT30	0,9987	0,8426	0,5362	0,965	0,9188
ENT31	0,9997	0,9066	0,8986	0,9532	0,8889
ENT32	1	0,8312	1	1	0,9858
ENT33	1	0,7816	0,9128	1	0,8769
ENT34	1	0,722	0,8988	1	0,5795
ENT35	1	0,7521	0,8221	1	0,8232
ENT36	0,8889	1	0,5795	1	0,9789
ENT37	1	0,9045	1	1	0,787
ENT38	1	0,8233	1	1	0,8474
ENT39	1	0,9176	0,8471	1	0,9704
ENT40	1	0,7913	0,8627	1	0,8767
ENT41	1	0,7129	0,8625	1	0,921
ENT42	0,211	0,8098	0,4319	0,8075	0,937

Fuente: propia

Aunque existen suficientes entidades distritales en frontera de eficiencia (color amarillo). Hay subindicadores con pesos nulos (ver tablas anexas 31- 34), por lo cual se deben crear restricciones en cada uno de ellos.

En la tabla 11 se presentan las puntuaciones alejadas, para localizar estas, se sigue el modelo de puntuación por supereficiencia de (Andersen y Petersen.1993), (Cazals, Florens, & Simar, 2002), descrito en la sección (7.2), el cual adaptado al estudio de caso será:

$$\max_{\mu_{ej}} IC_e = \sum_{j=1}^q \mu_{ej} Y_{ej}$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^q \mu_{ej} Y_{kj} \leq 1 \quad k = 1, \dots, 42 \quad k \neq e$$

$$\mu_{ej} \geq 0 \quad j = 1, \dots, q$$

para cada entidad  $e$ ,  $e = 1, \dots, 42$  y  $q$  es el número de subindicadores para cada una de las 5 dimensiones analizadas (ver tabla 8).

La tabla 11 presenta la puntuación de supereficiencia, que será útil para localizar, las entidades cuya puntuación este alejada del grupo, y crear así otras restricciones para disminuir su puntuación.

**Tabla 11 INDICADOR DE SUPEREFICIENCIA**

ind	MISIÓN Y FUNCIÓN PÚBLICA			TALENTO HUMANO	GESTIÓN PÚBLICA
	gestión presupuestal	acceso a la información	plan de desarrollo		
ENT1	0,8717	1,0131	0,956	1,0929	1,0229
ENT2	0,9762	1,0164	1,0113	0,9213	0,781
ENT3	0,9896	0,9897	0,8702	1,0275	0,8951
ENT4	0,8929	0,683	0,9442	0,9603	0,8068
ENT5	1	0,7704	0,9772	1,0108	0,8401
ENT6	0,8517	0,8249	0,8565	0,9393	0,7262
	0,8524	0,7859	0,9707	0,9057	0,9437

ENT7					
ENT8	1	1,4551	0,7723	0,9958	0,6568
ENT9	0,9783	0,8512	0,8554	0,9993	0,8358
ENT10	0,9192	0,9357	0,9642	0,9862	0,8364
ENT11	0,9089	0,9136	0,9263	0,9976	1,0082
ENT12	0,904	0,706	1,0021	0,8858	0,9604
ENT13	0,9223	1,0869	0,8385	0,9257	0,8327
ENT14	1,0619	0,8589	0,8471	0,9555	0,9044
ENT15	1,0714	0,8625	1,0298	1	0,8423
ENT16	0,9282	0,9622	0,7509	0,8518	1,0193
ENT17	0,9665	0,9564	0,9596	1,0189	0,6865
ENT18	1,0469	0,8417	0,8103	1,0463	0,9668
ENT19	0,9728	0,8681	0,9804	0,9801	0,9165
ENT20	0,9742	0,8197	0,9465	0,8135	0,8765
ENT21	1,0002	0,8723	0,9264	1	0,7601
ENT22	1,003	0,8832	0,83	1	1,0047
ENT23	1,0008	1,0074	0,8215	1,029	0,929
ENT24	1,0152	0,9737	0,9524	0,9886	0,9115
ENT25	1	0,9224	0,946	0,9303	0,8668
ENT26	0,9895	0,6994	0,7093	1,0672	0,871

ENT27	1,0054	0,8542	0,9484	1,0053	0,904
ENT28	0,995	0,7997	1,1378	0,9074	0,9514
ENT29	0,996	0,8693	0,6676	0,9583	0,9823
ENT30	0,9987	0,8426	0,5362	0,965	0,9188
ENT31	0,9997	0,9066	0,8986	0,9532	0,8889
ENT32	1,0456	0,8312	1,1095	1,2677	0,9858
ENT33	1,0309	0,7816	0,9128	1,0263	0,8769
ENT34	1,0001	0,722	0,8988	1,0045	0,5795
ENT35	1,0404	0,7521	0,8221	1	0,8232
ENT36	0,8889	1,0879	0,5795	1,0052	0,9789
ENT37	1	0,9045	1,0631	1	0,787
ENT38	1	0,8233	1	1	0,8474
ENT39	1	0,9176	0,8471	1	0,9704
ENT40	1	0,7913	0,8627	1	0,8767
ENT41	1,0691	0,7129	0,8625	1	0,921
ENT42	0,211	0,8098	0,4319	0,8075	0,937

Fuente: propia

Tomando los resultados de la tabla 11, arrojados de MATLAB, no existe una alta puntuación (color amarillo) salvo la entidad 8 secretaria (Distrital del Hábitat con puntuación 1.45 (color verde) dado que el subindicador Y9 (tiempos de respuesta PQR) tiene la puntuación 0.8998, seguido a este, se encuentra en la entidad 10 Secretaría Distrital de Planeación con puntuación de 0.3796 (ver tabla anexa 31). Teniendo en

cuenta el valor alejado, el modelo de supereficiencia para la entidad 8 secretaria D. Del Hábitat de la dimensión acceso a la información se anexo la restricción:

$$\max_{\mu_j} IC_8 = \mu_{86}Y_{86} + \mu_{87}Y_{86} + \mu_{810}Y_{89}$$

Sujeto a

$$\mu_{87}Y_{k6} + \mu_{87}Y_{k7} + \mu_{89}Y_{k9} \leq 1 \quad k = 1, \dots, 42; k \neq 8$$

$$5\% \leq \frac{\mu_{89}Y_{89}}{\mu_{86}Y_{86} + \mu_{87}Y_{86} + \mu_{89}Y_{89}} \leq 80\% \quad (8.1)$$

$$\mu_{86} \geq 0$$

$$\mu_{87} \geq 0$$

$$\mu_{89} \geq 0$$

Este modelo de supereficiencia se creó para reducir la puntuación de la entidad 8 secretaria D. Del Hábitat, con subindicadores  $Y_{86}, Y_{87}$  y  $Y_{89}$  (ver tabla 8), además fue necesario tomar la restricción en los pesos con límite superior al 80%, dado que con este valor se logró reducir la puntuación de supereficiencia a 1.16, sin afectar el puntaje del indicador, como se puede ver en la tabla 12.

Luego de analizar la puntuación de supereficiencia. El modelo para cada indicador resulta:

$$\max_{\mu_{ej}} IC_e = \sum_{j=1}^q \mu_{ej}Y_{ej}$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^q \mu_{ej}Y_{kj} \leq 1 \quad (8.2)$$

$$5\% \leq \frac{\mu_{ej}Y_{kj}}{\sum_{j=1}^q \mu_{ej}Y_{kj}} \leq 90\%; \quad k = 1, \dots, 42$$

$$\mu_{ej} \geq 0 \quad j = 1, \dots, q$$

para cada entidad e,  $e = 1, \dots, 42$  y q es el número de subindicadores para cada una de las 5 dimensiones analizadas (ver tabla 8).

Las restricciones en los pesos entre el 5% y 90% y bajo la salvedad del indicador para la entidad 8 secretaria D. Del Hábitat en la dimensión acceso a la información cuyo subindicador Y9 tiempos de respuesta PQR, su peso se redujo al 80% resultado de la

puntuación por supereficiencia (modelo de programación lineal (8.1)). Se tomo un valor de 5% en el límite inferior de la restricción del modelo 8.2, pues para la Dirección De Desarrollo Institucional cada subindicador debe tener una participación en el indicador compuesto. En las tablas anexas 30-34 se muestran a cuáles subindicadores se les agrego límite inferior del 5% y límite superior del 90% del modelo (8.2).

En las tablas 12-16, además de comparar los índices con y sin restricciones, se presentan gráficos de cómo se aplican las restricciones en los pesos de cada subindicador del modelo DEA -CCR (8,2),

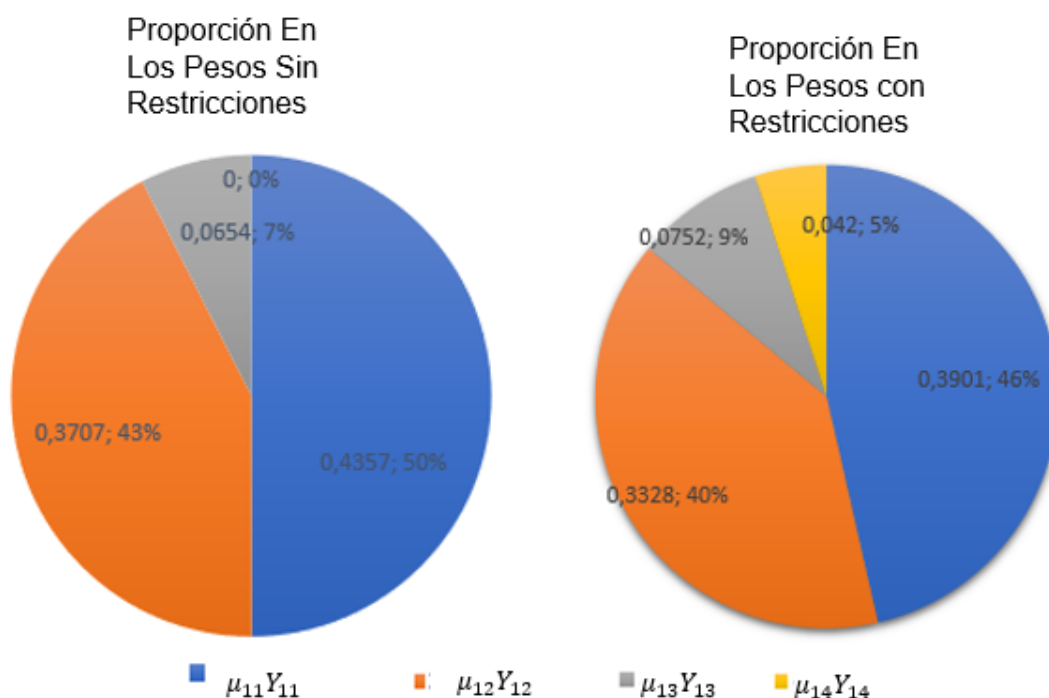
**Tabla 12 Rankin sin / con restricciones en los pesos "gestión presupuestal"**

MISIONAL Y DE GOBIERNO "gestión presupuestal"				
	Sin restricciones	ranking	con restricciones	ranking
ENT1	0,8717	39	0,8401	35
ENT2	0,9762	28	0,9383	27
ENT3	0,9896	25	0,9812	16
ENT4	0,8929	37	0,8915	32
ENT5	1	1	0,9673	22
ENT6	0,8517	41	0,84	36
ENT7	0,8524	40	0,8377	37
ENT8	1	2	0,0943	41
ENT9	0,9783	27	0,9757	18
ENT10	0,9192	34	0,9175	29
ENT11	0,9089	35	0,9089	30
ENT12	0,904	36	0,9026	31
ENT13	0,9223	33	0,9223	28
ENT14	1	3	1	1
ENT15	1	4	1	2
ENT16	0,9282	32	0,1148	40
ENT17	0,9665	31	0,9652	24
ENT18	1	5	1	3
ENT19	0,9728	30	0,9728	19
ENT20	0,9742	29	0,9687	21
ENT21	1	6	1	4
ENT22	1	7	1	5

ENT23	1	8	1	6
ENT24	1	9	1	7
ENT25	1	10	0,9901	13
ENT26	0,9895	26	0,9541	25
ENT27	1	11	1	8
ENT28	0,995	24	0,9926	12
ENT29	0,996	23	0,8831	33
ENT30	0,9987	22	0,9469	26
ENT31	0,9997	21	0,9653	23
ENT32	1	12	0,9688	20
ENT33	1	13	1	9
ENT34	1	14	0,9819	15
ENT35	1	15	1	10
ENT36	0,8889	38	0,6655	38
ENT37	1	16	0,0638	42
ENT38	1	17	0,8825	34
ENT39	1	18	0,9858	14
ENT40	1	19	0,9803	17
ENT41	1	20	1	11
ENT42	0,211	42	0,211	39

Fuente: propia

Para entender cómo se aplican las restricciones en los pesos, tómese por ejemplo la entidad 1 Secretaría General y la dimensión MISIONAL Y DE GOBIERNO “gestión presupuestal” cuyos indicadores son Y1 Composición del Presupuesto, Y2 Número de modificaciones, Y3 Ejecución del PAC, Y4 Ejecución de las reservas (ver tabla 8); en la tabla 10 se observa que el valor del indicador para esta entidad es 0.8717 resultado que se arrojó el programa de MATLAB sin restricciones. Además, los pesos para este indicador se observan en la tabla 30 anexa,  $0,4357 + 0,3707 + 0,0654 + 0 = 0,8717$  (ver ilustración 2 proporción en los pesos sin restricciones) y sobre la tabla 35 anexa con restricciones se tiene 0,8401, que corresponde a  $0,3901 + 0,3328 + 0,0752 + 0,042 = 0,8401$  y cuya proporción de observa en la ilustración 2



**Ilustración 2** proporción en pesos entidad 1 secretaria generar

La ilustración 2 muestra que sin restricciones el peso del subindicador Y4 (color amarillo) Ejecución de las reservas es cero, al tomar la restricción su proporción mínimo debe ser 5 %. Y para los demás indicadores sucede de la misma manera.

La tabla 12 muestra la comparación entre los indicadores sin restricción y con restricción (según el modelo DEA CCR (8.2)), la tabla muestra, que puede existir casos en donde el indicador disminuye considerablemente su puntuación, por ejemplo en la Entidad 16 Cuerpo oficial de Bomberos, las restricciones presentadas en el modelo DEA CCR (8.2) por  $\frac{\mu_{161}Y_{161}}{\mu_{161}Y_{161} + \mu_{162}Y_{162} + \mu_{163}Y_{163} + \mu_{164}Y_{164}} \geq 5\%$ ; para el subindicador Y1 Composición del Presupuesto, y análogo los subindicadores Y2 y Y3, es claro que teniendo 5% en cada restricción, para indicador Y4 Ejecución de las reservas solo le queda 85%, lo cual se calcula en el siguiente resumen de las tablas 30 y 35 anexo.

	$\mu_{161}Y_{161}$	$\mu_{162}Y_{162}$	$\mu_{163}Y_{163}$	$\mu_{164}Y_{164}$	total
sin restricciones	0 0%	0 0%	0,0009 0,01%	0,9274 99,9%	0,9282 100%
con restricciones	0,0057 5%	0,0057 5%	0,0057 5%	0,0976 85%	0,1147 100%

Sin importar que se suprima la restricción para el subindicador Y4 Ejecución de las reservas. Resultaría el mismo valor.



Para la dimensión MISIÓN Y FUNCIÓN PÚBLICA “acceso a la información” para la entidad 8 secretaria D. Del Hábitat en el subindicador Y5 (Cumplimiento de estándares Básicos de acceso a la información pública) se tomó la restricción  $\frac{\mu_{85}Y_{85}}{\mu_{85}Y_{85} + \mu_{86}Y_{86} + \mu_{89}Y_{89}} \geq 5\%$  y teniendo en cuenta la restricción del modelo de puntuación de supereficiencia 8.1. El subindicador Y9 (Tiempo de respuesta de la PQR)  $\frac{\mu_{89}Y_{89}}{\mu_{85}Y_{85} + \mu_{86}Y_{86} + \mu_{89}Y_{89}} \leq 80\%$  el cual se calcula en el siguiente resumen de las tablas 31 y 36 anexo

	$\mu_{85}Y_{85}$	$\mu_{86}Y_{86}$	$\mu_{89}Y_{89}$	total
sin restricciones	0,021 2%	0,081 8%	0,898 90%	1 100%
con restricciones	0,0749 7%	0,1389 14%	0,7852 79%	1 100%

Este resumen muestra que las restricciones no afectaron el indicador de la entidad 8 secretaria D. Del Hábitat. Y se puede ver en la tabla 13 (color verde). Mientras que en la entidad 22 (ver tabla 13 color amarillo) Instituto Distrital de Recreación y Deporte – IDRD con las restricciones del modelo DEA -CCR (8.2) se obtiene el siguiente resumen

	$\mu_{225}Y_{225}$	$\mu_{226}Y_{226}$	$\mu_{229}Y_{229}$	total
sin restricciones	0,8287 100%	0 0%	0,0013 0%	0,83 100%
con restricciones	0,5293 79%	0,1065 16%	0,0335 5%	0,6693 100%

Tabla 13 indicador ranking sin/ con restricciones sobre los pesos "acceso a la información"

MISIÓN Y FUNCIÓN PÚBLICA “acceso a la información”				
Entidad distrital	sin restricción	ranking	con restricción	ranking
ENT1	1	1	1	1
ENT2	1	2	1	2
ENT3	0,9897	7	0,9799	6
ENT4	0,683	42	0,683	36
ENT5	0,7704	36	0,5848	41
ENT6	0,8249	28	0,8249	24
ENT7	0,7859	34	0,7827	30
ENT8	1	3	1	3

ENT9	0,8512	24	0,8375	20
ENT10	0,9357	11	0,9157	9
ENT11	0,9136	14	0,9102	11
ENT12	0,706	40	0,7017	34
ENT13	1	4	1	4
ENT14	0,8589	22	0,8491	19
ENT15	0,8625	21	0,8608	16
ENT16	0,9622	9	0,9569	7
ENT17	0,9564	10	0,9156	10
ENT18	0,8417	26	0,8224	25
ENT19	0,8681	20	0,8564	18
ENT20	0,8197	30	0,8197	26
ENT21	0,8723	18	0,8604	17
ENT22	0,8832	17	0,6693	38
ENT23	1	5	0,9481	8
ENT24	0,9737	8	0,8949	12
ENT25	0,9224	12	0,8784	14
ENT26	0,6994	41	0,654	39
ENT27	0,8542	23	0,8356	21
ENT28	0,7997	32	0,7997	29

ENT29	0,8693	19	0,8264	23
ENT30	0,8426	25	0,8087	27
ENT31	0,9066	15	0,8647	15
ENT32	0,8312	27	0,8056	28
ENT33	0,7816	35	0,702	33
ENT34	0,722	38	0,697	35
ENT35	0,7521	37	0,6806	37
ENT36	1	6	1	5
ENT37	0,9045	16	0,8925	13
ENT38	0,8233	29	0,6016	40
ENT39	0,9176	13	0,8284	22
ENT40	0,7913	33	0,7789	31
ENT41	0,7129	39	0,7129	32
ENT42	0,8098	31	0,5202	42

**Fuente:** propia

La dimensión MISIÓN Y FUNCIÓN PÚBLICA “plan de desarrollo” cuyos subindicadores son: Y7 contratación, Y8 (Promedio Porcentaje de Avance de las Metas de Gestión y/o Resultado del Plan de Desarrollo a 31 de Diciembre del año 2015) Y10 Nivel de meritocracia, representada en la tabla 14 las diferencia relevantes en los indicadores sin restricción y con restricción (color amarillo) se pueden notar en el siguiente resumen extraído de las tablas anexas 32,37, para la entidad 4 Secretaría de Educación del Distrito

	$\mu_{47}Y_{47}$	$\mu_{48}Y_{48}$	$\mu_{410}Y_{410}$	total
sin	0,9424	0	0,0018	0,9442
restricciones	100%	0%	0%	100%

con restricciones	0,7114 90%	0,0395 5%	0,0395 5%	0,7905 100%	Se observa en el resumen que los subindicadores Y8 y Y10 sin restricciones no tenían porcentaje, al tomar como mínimo valor en la restricción del modelo DEA CCR (8.2) 5%, para el subindicador Y7 tomaría un 90% por lo tanto, sin importar que se suprima la restricción resultaría el mismo valor. Análogo para la entidad 6 Secretaría Distrital de Salud, entidad 13 Departamento Administrativo del Servicio Civil Distrital-DASCD y entidad 24 Instituto Distrital para la Protección de la Niñez y la Juventud-IDIPRON
----------------------	---------------	--------------	--------------	----------------	--

Tabla 14 indicador/ ranking sin /con restricciones sobre los pesos "plan de desarrollo"

MISIÓN Y FUNCIÓN PÚBLICA "plan de desarrollo"				
Entidad distrital	sin restricciones	ranking	Con restricciones	ranking
ENT1	0,956	13	0,9465	2
ENT2	1	1	1	15
ENT3	0,8702	24	0,5301	28
ENT4	0,9442	18	0,7905	32
ENT5	0,9772	9	0,9772	37
ENT6	0,8565	27	0,4617	19
ENT7	0,9707	10	0,9341	5
ENT8	0,7723	36	0,6913	38
ENT9	0,8554	28	0,7665	17
ENT10	0,9642	11	0,9294	1
ENT11	0,9263	20	0,914	25
ENT12	1	2	0,8234	7
ENT13	0,8385	31	0,6194	10
ENT14	0,8471	29	0,8565	20
ENT15	1	3	1	11
ENT16	0,7509	37	0,7279	27

ENT17	0,9596	12	0,9596	33
ENT18	0,8103	35	0,6689	34
ENT19	0,9804	8	0,9804	14
ENT20	0,9465	16	0,9202	41
ENT21	0,9264	19	0,6743	40
ENT22	0,83	32	0,6781	12
ENT23	0,8215	34	0,7517	35
ENT24	0,9524	14	0,7587	39
ENT25	0,946	17	0,946	4
ENT26	0,7093	38	0,7093	31
ENT27	0,9484	15	0,9111	9
ENT28	1	4	1	24
ENT29	0,6676	39	0,6613	23
ENT30	0,5362	41	0,5362	16
ENT31	0,8986	23	0,7847	26
ENT32	1	5	1	8
ENT33	0,9128	21	0,8908	22
ENT34	0,8988	22	0,8669	21
ENT35	0,8221	33	0,8221	18
	0,5795	40	0,5795	29

ENT36				
ENT37	1	6	1	13
ENT38	1	7	0,9661	36
ENT39	0,8471	30	0,7964	30
ENT40	0,8627	25	0,846	3
ENT41	0,8625	26	0,8556	6
ENT42	0,4319	42	0,4302	42

Fuente: propia

La dimensión GESTION DE TALENTO HUMANO con subindicadores Y11 Estabilidad Laboral Empleados Públicos Y12 Nivel de Provisionalidad Y13 Nivel de Vacancia Y14 Personal por prestación de servicios. La tabla 15 muestra las diferencias en el indicador sin restricciones y con restricciones las diferencias relevantes entidad 1 Secretaría General y entidad 3 Secretaría Distrital de Hacienda

	$\mu_{111}Y_{111}$	$\mu_{112}Y_{112}$	$\mu_{113}Y_{113}$	$\mu_{114}Y_{114}$	total
sin restricciones	0,3756 38%	0,6046 60%	0,0189 2%	0,0009 0%	1 100%
con restricciones	0,2035 28%	0,4524 62%	0,0364 5%	0,0364 5%	0,7288 100%

El resumen presenta que en la entidad 1 Secretaría General Secretaria De Gobierno

	$\mu_{161}Y_{161}$	$\mu_{162}Y_{162}$	$\mu_{163}Y_{163}$	$\mu_{164}Y_{164}$	total
sin restricciones	0,0022 0%	0,9182 92%	0,0564 6%	0,0232 2%	1 100%
con restricciones	0,0414 5%	0,6536 79%	0,0912 11%	0,0414 5%	0,8275 100%

El resumen presenta que en la entidad 3 Secretaría Distrital de Hacienda

Tabla 15 indicador / ranking sin/con restricciones sobre los pesos TALENTO HUMANO

GESTION DE TALENTO HUMANO
---------------------------

	sin restricciones	ranking	con restricciones	ranking
ENT1	1	1	0,7288	38
ENT2	0,9213	36	0,5298	39
ENT3	1	2	0,8275	32
ENT4	0,9603	29	0,7663	36
ENT5	1	3	1	1
ENT6	0,9393	33	0,7588	37
ENT7	0,9057	38	0,9002	27
ENT8	0,9958	24	0,9958	14
ENT9	0,9993	22	0,931	23
ENT10	0,9862	26	0,9862	17
ENT11	0,9976	23	0,9976	13
ENT12	0,8858	39	0,8583	28
ENT13	0,9257	35	0,3815	40
ENT14	0,9555	31	0,8368	30
ENT15	1	4	0,9742	19
ENT16	0,8518	40	0,8342	31
ENT17	1	5	1	2
ENT18	1	6	0,9631	21
ENT19	0,9801	27	0,7918	33
ENT20	0,8135	41	0,1013	42
ENT21	1	7	0,7893	34
ENT22	1	8	0,9618	22
ENT23	1	9	1	3
ENT24	0,9886	25	0,8572	29
ENT25	0,9303	34	0,1678	41
ENT26	1	10	1	4
ENT27	1	11	1	5
ENT28	0,9074	37	0,9065	26
ENT29	0,9583	30	0,9135	25
ENT30	0,965	28	0,9637	20
ENT31	0,9532	32	0,9238	24
ENT32	1	12	1	6
ENT33	1	13	1	7
ENT34	1	14	0,9894	15

ENT35	1	15	0,9794	18
ENT36	1	16	1	8
ENT37	1	17	1	9
ENT38	1	18	1	10
ENT39	1	19	1	11
ENT40	1	20	1	12
ENT41	1	21	0,989	16
ENT42	0,8075	42	0,7893	35

Fuente: propia

La dimensión GESTIÓN PÚBLICA con subindicadores Y15 Porcentaje de Implementación Sistema integrado de Gestión y Y6 Porcentaje de implementación del PIGA (PLAN INTEGRAL DE GESTION AMBIENTAL), la tabla 16 la diferencia relevante (color amarillo), pertenece a la entidad 42 Universidad Distrital, como se presenta en el resumen extraído de las tablas 34 y 39 anexas

	$\mu_{4215}Y_{4215}$	$\mu_{4216}Y_{4216}$	total
sin restricciones	0 0%	0,937 100%	0,937 100%
con restricciones	0,0874 10%	0,7865 90%	0,8739 100%

Tabla 16 indicador /ranking sin/ con restricciones sobre los pesos GESTION PÚBLICA

GESTIÓN PÚBLICA				
Entidad distrital	sin restricciones	ranking	con restricciones	ranking
ENT1	1	1	1	1
ENT2	0,781	37	0,781	37
ENT3	0,8951	21	0,8947	20
ENT4	0,8068	35	0,8068	34
ENT5	0,8401	30	0,8401	29
ENT6	0,7262	39	0,7259	39
ENT7	0,9437	12	0,9323	12
ENT8	0,6568	41	0,6181	41
ENT9	0,8358	32	0,8358	31
ENT10	0,8364	31	0,8364	30
ENT11	1	2	1	2



ENT12	0,9604	10	0,9367	11
ENT13	0,8327	33	0,8327	33
ENT14	0,9044	19	0,9044	18
ENT15	0,8423	29	0,8423	28
ENT16	1	3	1	3
ENT17	0,6865	40	0,6814	40
ENT18	0,9668	9	0,9378	10
ENT19	0,9165	17	0,9159	15
ENT20	0,8765	25	0,8607	26
ENT21	0,7601	38	0,7557	38
ENT22	1	4	1	4
ENT23	0,929	14	0,929	13
ENT24	0,9115	18	0,9115	17
ENT25	0,8668	27	0,8668	25
ENT26	0,871	26	0,849	27
ENT27	0,904	20	0,904	19
ENT28	0,9514	11	0,9514	9
ENT29	0,9823	6	0,9823	6
ENT30	0,9188	16	0,9188	14
ENT31	0,8889	22	0,8889	21
ENT32	0,9858	5	0,9858	5
ENT33	0,8769	23	0,8769	22
ENT34	0,5795	42	0,5795	42
ENT35	0,8232	34	0,7938	35
ENT36	0,9789	7	0,9747	7
ENT37	0,787	36	0,7826	36
ENT38	0,8474	28	0,8349	32
ENT39	0,9704	8	0,9704	8
ENT40	0,8767	24	0,8767	23
ENT41	0,921	15	0,9131	16
ENT42	0,937	13	0,8739	24

Fuente: propia

Después de construir cada indicador en cada dimensión se construye el **IDID INDICE DE DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL**, el cual se calculó siguiendo el criterio de los expertos de la Dirección De Desarrollo Institucional. (ver ilustración 1), Los resultados del cálculo se muestran en la tabla 17

**Tabla 17 CALCULO IDID INDICE DE DESARROLLO INSTITUCIONAL DISTRITAL**

ind	misión y función publica			talento humano	gestión publica	IDID
	gestión presupuestal	acceso a la información	plan de desarrollo			
ENT1	0,8401	1	0,9465	0,7288	1	90,31%
ENT2	0,9383	1	1	0,5298	0,781	84,98%
ENT3	0,9812	0,9799	0,5301	0,8275	0,8947	84,27%
ENT4	0,8915	0,683	0,7905	0,7663	0,8068	78,76%
ENT5	0,9673	0,5848	0,9772	1	0,8401	87,39%
ENT6	0,84	0,8249	0,4617	0,7588	0,7259	72,23%
ENT7	0,8377	0,7827	0,9341	0,9002	0,9323	87,74%
ENT8	0,0943	1	0,6913	0,9958	0,6181	67,99%
ENT9	0,9757	0,8375	0,7665	0,931	0,8358	86,93%
ENT10	0,9175	0,9157	0,9294	0,9862	0,8364	91,70%
ENT11	0,9089	0,9102	0,914	0,9976	1	94,61%
ENT12	0,9026	0,7017	0,8234	0,8583	0,9367	84,45%
ENT13	0,9223	1	0,6194	0,3815	0,8327	75,12%
ENT14	1	0,8491	0,457	0,8368	0,9044	80,95%
ENT15	1	0,8608	1	0,9742	0,8423	93,55%
ENT16	0,1148	0,9569	0,7279	0,8342	1	72,68%
ENT17	0,9652	0,9156	0,9596	1	0,6814	90,44%

ENT18	1	0,8224	0,6689	0,9631	0,9378	87,84%
ENT19	0,9728	0,8564	0,9804	0,7918	0,9159	90,35%
ENT20	0,9687	0,8197	0,9202	0,1013	0,8607	73,41%
ENT21	1	0,8604	0,6743	0,7893	0,7557	81,59%
ENT22	1	0,6693	0,6781	0,9618	1	86,18%
ENT23	1	0,9481	0,7517	1	0,929	92,58%
ENT24	1	0,8949	0,7587	0,8572	0,9115	88,45%
ENT25	0,9901	0,8784	0,946	0,1678	0,8668	76,98%
ENT26	0,9541	0,654	0,7093	1	0,849	83,33%
ENT27	1	0,8356	0,9111	1	0,904	93,01%
ENT28	0,9926	0,7997	1	0,9065	0,9514	93,00%
ENT29	0,8831	0,8264	0,6613	0,9135	0,9823	85,33%
ENT30	0,9469	0,8087	0,5362	0,9637	0,9188	83,49%
ENT31	0,9653	0,8647	0,7847	0,9238	0,8889	88,55%
ENT32	0,9688	0,8056	1	1	0,9858	95,20%
ENT33	1	0,702	0,8908	1	0,8769	89,39%
ENT34	0,9819	0,697	0,8669	0,9894	0,5795	82,29%
ENT35	1	0,6806	0,8221	0,9794	0,7938	85,52%
ENT36	0,6655	1	0,5795	1	0,9747	84,39%
	0,0638	0,8925	1	1	0,7826	74,78%

ENT37						
ENT38	0,8825	0,6016	0,9661	1	0,8349	85,70%
ENT39	0,9858	0,8284	0,7964	1	0,9704	91,62%
ENT40	0,9803	0,7789	0,846	1	0,8767	89,64%
ENT41	1	0,7129	0,8556	0,989	0,9131	89,41%
ENT42	0,211	0,5202	0,4302	0,7893	0,8739	56,49%

**Fuente:** propia basada en boletín 84 Planeación Distrital

Para hacer el cálculo del IDID de La tabla 17 se puede tomar, por ejemplo, la entidad 27 “Fondo de Vigilancia y Seguridad” (color amarillo), el cálculo del IDID se efectúa de la siguiente manera:  $\left(\frac{1+0.8356+0.9111}{3}\right) \times 0.6 + 1 \times 0.2 + 0.9404 \times 0.2$  análogo para las demás entidades.

La tabla 18 compara el valor del IDID creado bajo el modelo DEA -CCR (8.2) y el indicador construido por la dirección de estudios macro de planeación distrital, el cual se basa en asignación por percentiles presentado en el boletín 84 de planeación distrital<sup>7</sup>. Se puede resumir la forma de cálculo de la siguiente manera:

1) se asigna un puntaje a cada subindicador (ver ilustración 3)

<sup>7</sup> La forma de cómo se efectúa el cálculo se puede apreciar en el boletín 84 de Planeación Distrital [http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice\\_Desarrollo\\_Institucional.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice_Desarrollo_Institucional.pdf)

$$Y_x = \begin{cases} 100 & \text{si } x < P_5 \\ 90 & \text{si } P_5 \leq x < P_{20} \\ 80 & \text{si } P_{20} \leq x < P_{40} \\ 60 & \text{si } P_{40} \leq x < P_{60} \\ 40 & \text{si } P_{60} \leq x < P_{80} \\ 20 & \text{si } P_{80} \leq x < P_{95} \\ 0 & \text{si } x \geq P_{95} \end{cases}$$

Ilustración 3 función para la asignación de puntajes,  $P_k$  es el percentil  $k$  (ilustración extraída del boletín 84 Planeación distrital)

2)  $IDID_e = 1/16 \sum_{k=1}^{16} Y_{x_{ke}}$  donde  $Y_{x_{ke}}$  es el valor asignado para la entidad  $e$  para el  $k$ -ésimo subindicador.

Tabla 18 COMPARACION IDID VERSUS IDID DIRECCION DE DESARROLLO DISTRITAL

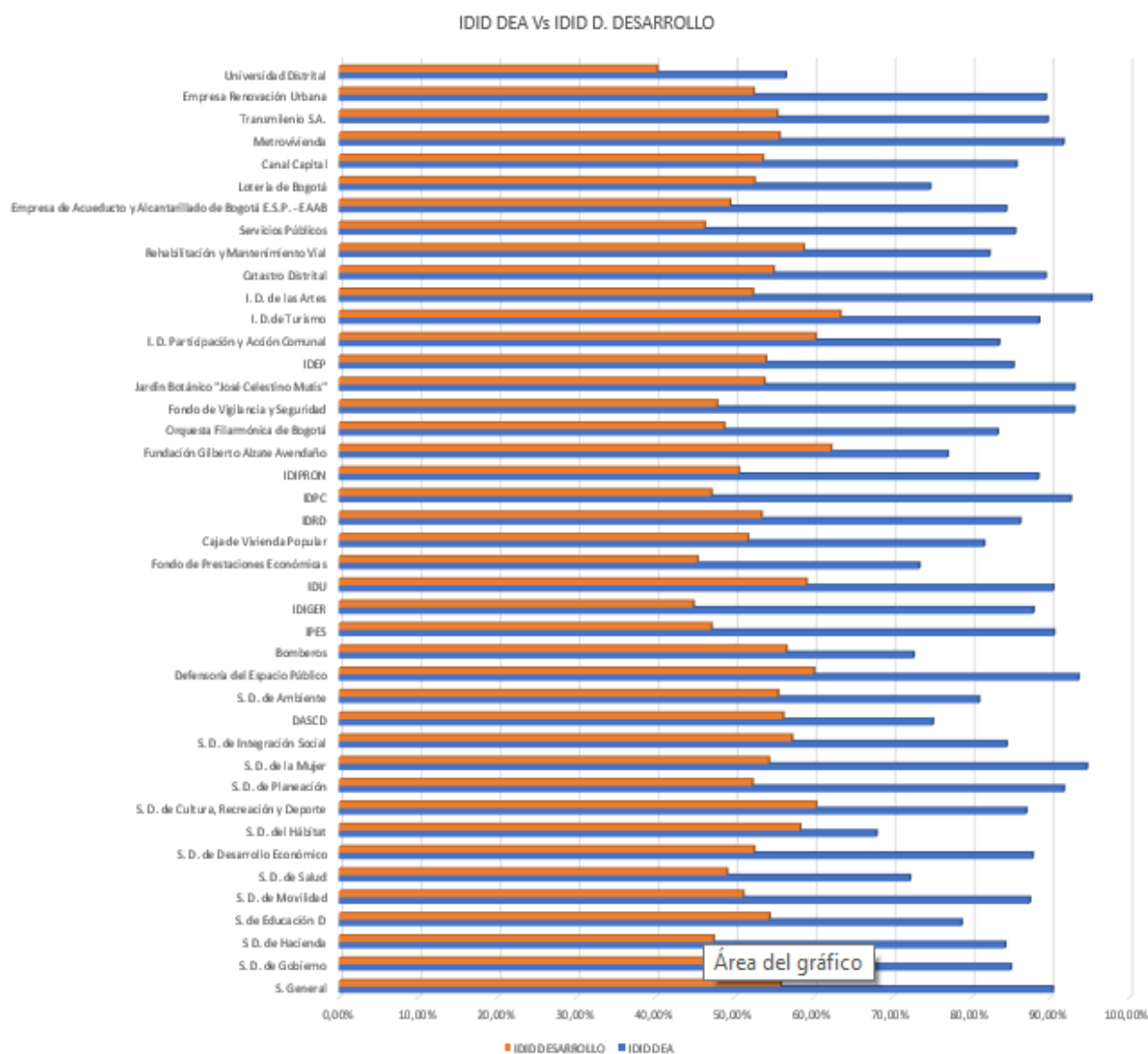
Entidad distrital	IDID	Rankin	IDID por percentiles	Rankin
ENT1	90,31%	11	55,86%	12
ENT2	84,98%	25	53,05%	23
ENT3	84,27%	28	47,36%	36
ENT4	78,76%	34	54,44%	17
ENT5	87,39%	19	51,13%	30
ENT6	72,23%	40	49,08%	33
ENT7	87,74%	18	52,48%	25
ENT8	67,99%	41	58,32%	8
ENT9	86,93%	20	60,33%	3
ENT10	91,70%	7	52,30%	28
ENT11	94,61%	2	54,36%	18
ENT12	84,45%	26	57,28%	9
ENT13	75,12%	36	56,17%	11
ENT14	80,95%	33	55,52%	14
ENT15	93,55%	3	60,07%	5
ENT16	72,68%	39	56,59%	10

ENT17	90,44%	9	47,10%	37
ENT18	87,84%	17	44,80%	41
ENT19	90,35%	10	59,11%	6
ENT20	73,41%	38	45,33%	40
ENT21	81,59%	32	51,73%	29
ENT22	86,18%	21	53,43%	22
ENT23	92,58%	6	47,09%	38
ENT24	88,45%	16	50,56%	31
ENT25	76,98%	35	62,24%	2
ENT26	83,33%	30	48,70%	34
ENT27	93,01%	4	47,80%	35
ENT28	93,00%	5	53,80%	20
ENT29	85,33%	24	54,00%	19
ENT30	83,49%	29	60,27%	4
ENT31	88,55%	15	63,40%	1
ENT32	95,20%	1	52,34%	27
ENT33	89,39%	14	54,95%	16
ENT34	82,29%	31	58,78%	7
ENT35	85,52%	23	46,24%	39
ENT36	84,39%	27	49,44%	32
ENT37	74,78%	37	52,55%	24
ENT38	85,70%	22	53,61%	21
ENT39	91,62%	8	55,69%	13
ENT40	89,64%	12	55,41%	15
ENT41	89,41%	13	52,44%	26
ENT42	56,49%	42	40,24%	42

Fuente: propia basada en boletín 84 Planeación Distrital

La tabla 18 muestra la ventaja de construir un indicador DEA. El cual se basa en que el indicador construido es máximo, esta ventaja podría ser más aceptada por las entidades evaluadas.

Para ilustrar la comparación de la tabla 18 se muestra el diagrama de barras ilustración 4.



**Ilustración 4 IDID DEA Vs IDID DIRECCION DE DESARROLLO (Fuente propia)**

Para analizar la calidad de los indicadores es importante examinar todos los posibles factores de incertidumbre. Y luego observar la sensibilidad bajo el Ranking promedio

$$\bar{R}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$$

Donde el  $ranking_{ref}$  es el ranking que resultado de la construcción del indicador con restricciones en los pesos.

## 8.1 Análisis de incertidumbre y sensibilidad

Dado que el modelo de agregación y ponderación considerado fue el modelo DEA CCR (8.2), es claro, que si se excluye una entidad distrital el valor del indicador cambia, por tanto, se consideraron como factores de incertidumbre (ver tabla 19).

**Tabla 19 factores de incertidumbre**

k	Factor de incertidumbre	$f_{X_k}(\zeta_k)$
1	$X_1$	$\begin{cases} X_1(\zeta_1) \equiv \text{excluye la entidad,} & \zeta_1 < 0,5 \\ X_1(\zeta_2) \equiv \text{incluye la entidad,} & \zeta_1 \geq 0,5 \end{cases}$
2	$X_2$	$\begin{cases} X_2(\zeta_3) \equiv \text{excluye la entidad,} & \zeta_2 < 0,5 \\ X_2(\zeta_3) \equiv \text{incluye la entidad,} & \zeta_2 \geq 0,5 \end{cases}$
		....
42	$X_{42}$	$\begin{cases} X_{42}(\zeta_{42}) \equiv \text{excluye la entidad,} & \zeta_{42} < 0,5 \\ X_{42}(\zeta_{42}) \equiv \text{incluye la entidad,} & \zeta_{42} \geq 0,5 \end{cases}$

Fuente: propia

Donde  $X_i$  representa la entidad distrital  $i$ ,  $X_i(\zeta)$  muestra, si se incluye la entidad o no en el modelo DEA CCR (8.2).

Al escoger estos factores de incertidumbre resulta un tamaño de población de  $\sum_{k=0}^{42} \binom{42}{k} = 2^{42} = 4''398,046'511,104$  individuos, cada individuo representa un modelo DEA CCR (8.2), y cada modelo alrededor de 42 PL's aproximadamente. Esto implica una alta complejidad computacional al momento del cálculo. Por tanto, se tomarán dos alternativas: En la primera alternativa, el primer paso es estimar mediante simulación las distribuciones de los pesos de cada subindicador, en un segundo paso realizar el análisis de sensibilidad usando el software Simlab 2.2.

La segunda alternativa es estimar los índices de sensibilidad por medio del algoritmo descrito en la sección 7.4.4, esto implica la fórmula  $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(B)_j \left( f(A_B^i)_j - f(A)_j \right)$  para calcular los índices de sensibilidad principal y  $\frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \left( f(A)_j - f(A_B^i)_j \right)^2$  para los índices de sensibilidad total (ver (A. Saltelli & Becker, 2012), (I. M. Sobol 1993) ).Este conlleva que se deben realizar  $1000(42+2)=44000$  corrimientos del modelo DEA- CCR (8.2) además solo se están tomado 1000 simulaciones.

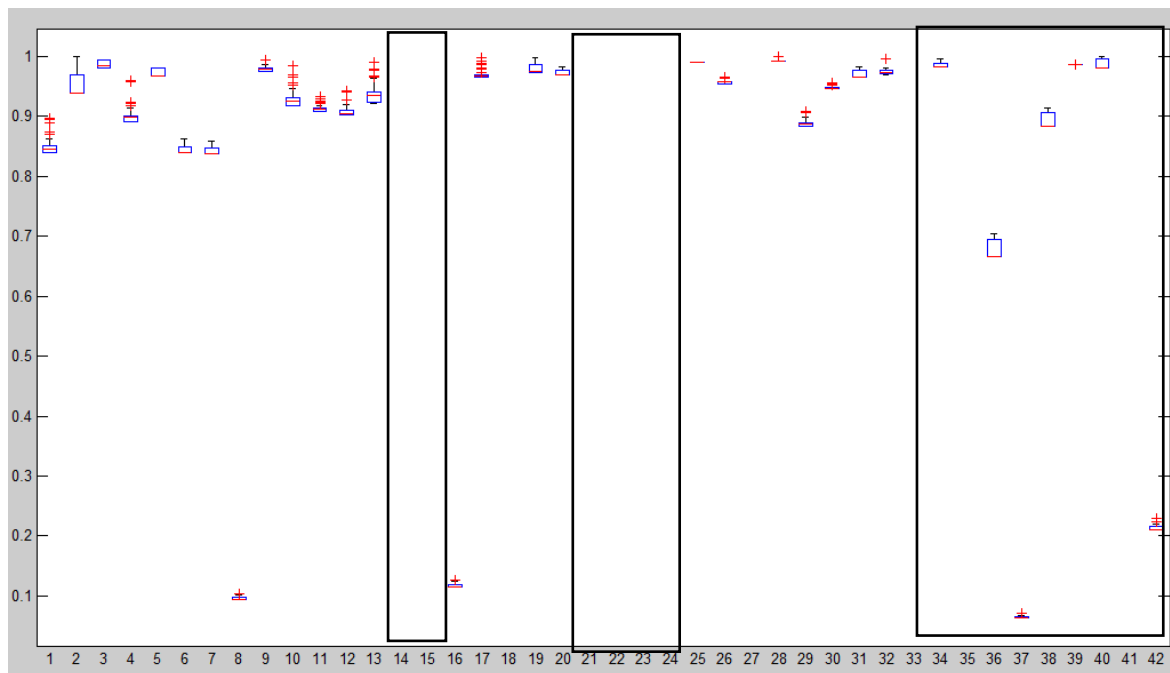
**8.1.1 Alternativa 1. Análisis de incertidumbre (sobre los pesos de los subindicadores)**  
Los factores de incertidumbre de la tabla 19, pueden ser representados por un vector aleatorio binario de longitud 42 donde los unos representarán las entidades distritales



que serán incluidas el modelo DEA -CCR (8.2). Los puntajes en los subindicadores se almacenan y posteriormente se estima la distribución de estos.

Al completar una muestra aleatoria de 10000 individuos por medio de simulación de Montecarlo programada en Matlab 7 se filtraron los pesos donde el indicador tenga baja dispersión con respecto a su media. Esto muestra que a pesar de que algunas entidades sean excluidas del modelo DEA-CCR (8.2) el indicador permanece casi invariante. Además, se planteó una prueba de Bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov para así estimar que distribución tienen.

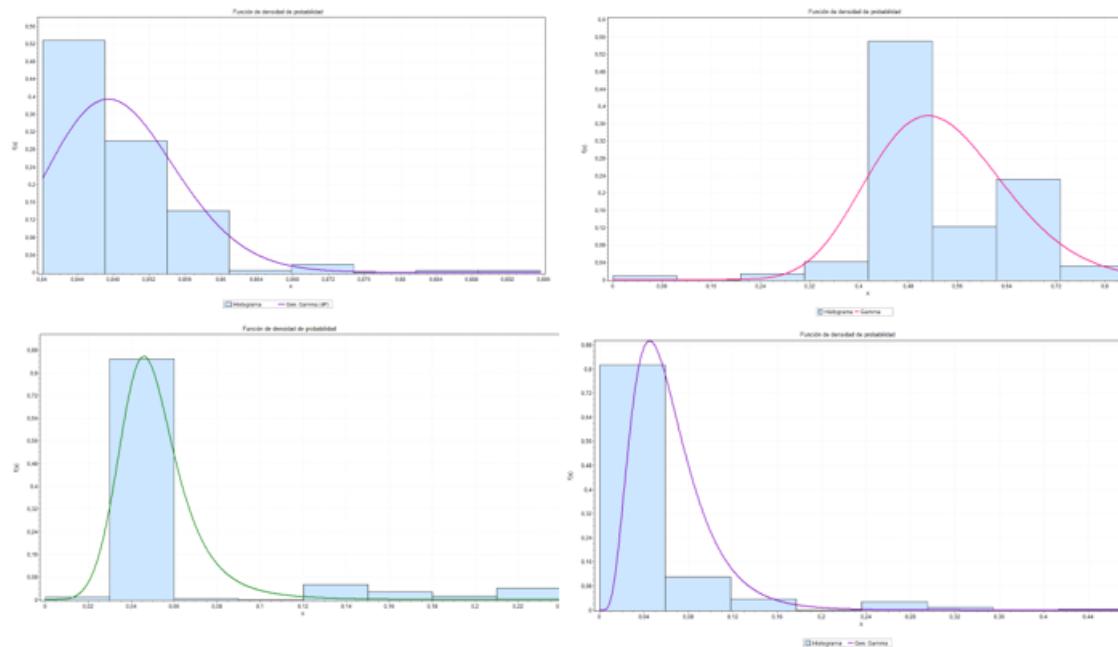
Para la dimensión “gestión presupuestal” el diagrama de cajas arrojado por Matlab 7 muestra las distribuciones del indicador compuesto para cada entidad, bajo la simulación los índices de las entidades 14-15, 18 ,21-28 y 32-42 fueron filtrados. (ver ilustración 5)



**Ilustración 5 boxplot simulación “gestión presupuestal”**

Los mini gráficos (ver ilustración 6) presentan los histogramas para la entidad 10 Secretaria Planeación Distrital de la simulación para cada uno de los subindicadores

Y1, Y2, Y3, Y4 (ver tabla 8) subindicadores de la dimensión MISIONAL Y DE GOBIERNO “gestión presupuestal”.



**Ilustración 6** histograma entidad 10 Secretaria Distrital De Planeación

Los histogramas muestran el ajuste por bondad de ajuste de Kolmogorov -Smirnov a una distribución gamma con parámetros (28.8 ,53.2) para el subindicador Y1 , (5.1,19.7) para Y2, (1.8,28.3) para el subindicador Y3, (1.5,22.9) para Y4. Esta estimación con una significancia de 25%. Para los demás se pueden apreciar en tabla 20

**Tabla 20** factores de incertidumbre sobre los pesos "gestión presupuestal"

MISIONAL Y DE GOBIERNO “gestión presupuestal”								
	$\mu_1 Y_1$		$\mu_2 Y_2$		$\mu_3 Y_3$		$\mu_4 Y_4$	
entidad distrital	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
ENT1	19,5	51,5	12,5	38,7	4,5	42,9		
ENT3	2,7	10,9	17	115,8	10,1	18,4		
ENT4	19	46	10,9	32,4	3,1	30,5		
ENT5			80,8	104,3	1,2	11,9		
ENT6			1,1	7,3	10,5	93,6	18,6	34,8
ENT7			1,2	6,9	9,7	85,6	15,2	29,2
ENT8			4,2	64,1	0,4	17,5		

ENT9	13,7	98,4	1,1	9,9	25,8	38		
ENT10	28,8	53,2	5,1	19,7	1,8	28,3	1,5	22,9
ENT11	3,4	25,8	3,8	27,5	8,3	39,3	16,8	38,8
ENT12			1,3	10,7	4,1	8	1,2	5,1
ENT13	1,6	38,4	4,8	15,2	2,4	12,1	4	10,6
ENT16					0,6	19,4	2,3	33,7
ENT17			2,9	12,1	12,5	41	3,4	9,1
ENT19			0,7	4,2	3,9	32,4	12,4	19,4
ENT20							383,2	532
ENT26			1,7	10,2			28,1	40,7
ENT29					8,7	37,2	48,6	86,1
ENT30			6	55,4			270,8	363,2
ENT31			6,5	78,3	14	97	112,1	161,6
ENT32			3,5	19,6	18,9	34,3	1,6	7,9

Fuente propia

Los espacios vacíos de la tabla 20 son subindicadores que fueron filtrados por baja varianza.

El diagrama de caja de la dimensión MISIONAL Y DE GOBIERNO “acceso a la información” por las colas a derecha que presentan los diagramas, solo se pudieron filtrar las variables 1, 2, 8, 11, 13, 17, 19, 23-26, 29, 32,33, 35, 36, 38, 39

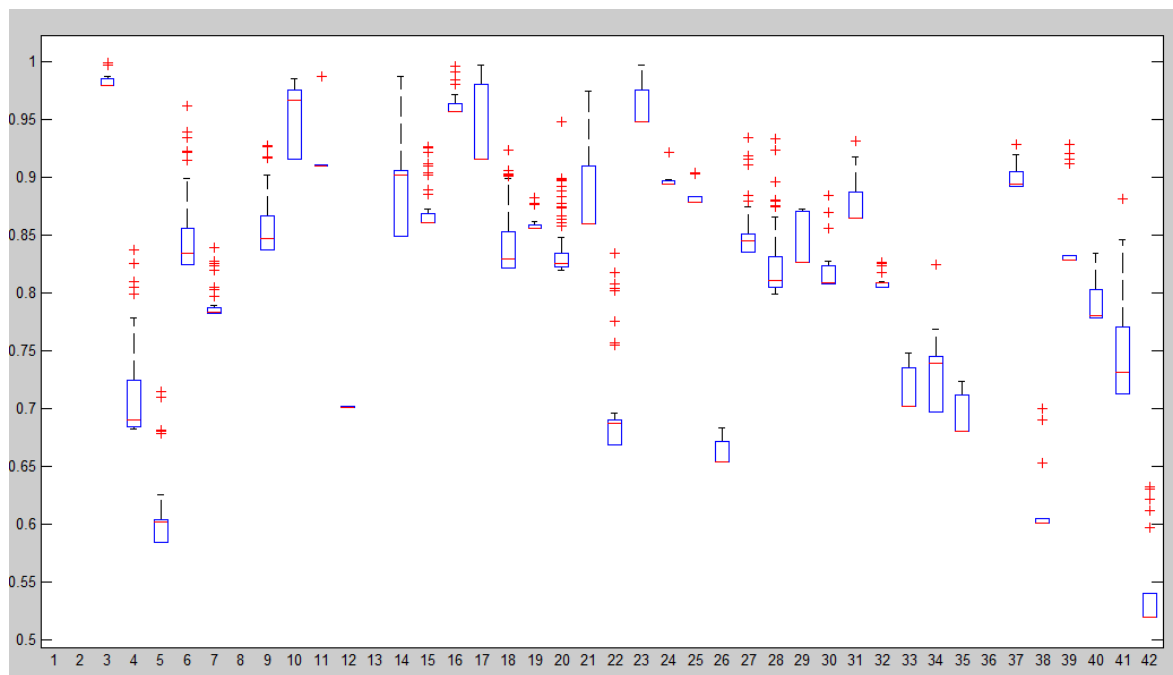


Ilustración 7 boxplot simulación del indicador “acceso a la información”

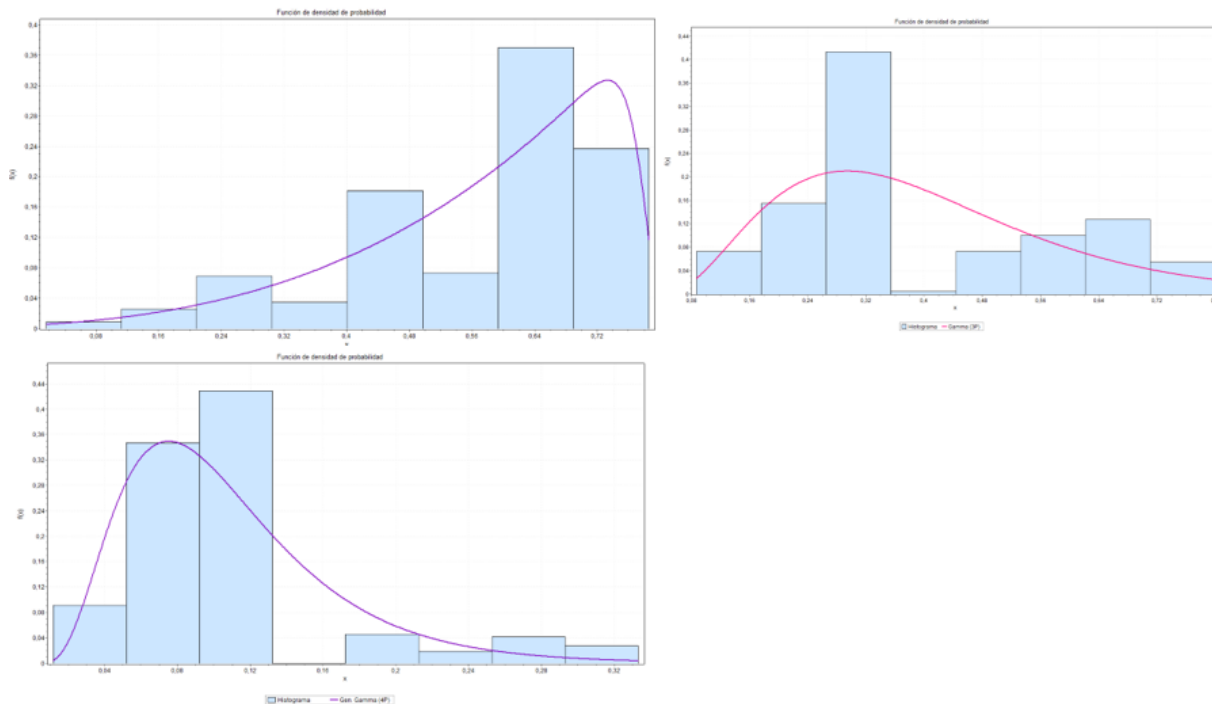


Ilustración 8 histograma para los pesos de los subindicadores de la entidad 28 Jardín Botánico "José Celestino Mutis"

Los histogramas muestran el ajuste por bondad de ajuste de kolmogorov -Smirnov a una distribución gamma con parámetros (3.17 ,10.15) para el subindicador Y5,

(4.42,10.07) para Y6, (2.96,27.32) para el subindicador Y9. Esta estimación con una significancia de 25%. Para los demás se pueden apreciar sus valores en tabla 21

**Tabla 21 factores de incertidumbre sobre los pesos "acceso a la información"**

MISIONAL Y DE GOBIERNO "acceso a la información"						
	$\mu_5 Y_5$		$\mu_6 Y_6$		$\mu_9 Y_9$	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Ent3	592,49	703,5			5,91	64,32
Ent4	4,36	12,78	2,32	10,3	2,46	17,69
Ent5	2,89	11,01			3,61	11,72
Ent6	5,48	14,43	3,58	10,38	3,35	27,31
Ent7	93,9	140,85	0,82	10,74		
Ent9	3,85	11,58	7,54	15,68		
Ent10	2,88	6,65			3,2	6,86
Ent11	7,57	19,68	9,83	20,2		
Ent14	2,2	6,05	0,74	12,55	3,54	7,71
Ent15	74,06	100,89	0,72	8,03		
Ent16	103,92	126,17	0,88	10,58		
Ent18	4,38	13,46	7,91	16,74		
Ent20	12,73	21,81	0,99	5,57	3,78	52,11
Ent21	313,37	450,44			4,87	34,77
Ent22	4,97	10,9	0,88	4,4		
Ent27	4,45	12,99	7,78	16,74		
Ent28	3,17	10,15	4,42	11,07	2,96	27,37
Ent30	10,21	19,91	2,88	10,91		
ent31	484,13	625,08	1,58	27,85		
ent34	2,13	7,21			3,2	8,08
ent37	471,01	620,08			5,19	54,25
ent40	341,67	526,62			4,33	41,95
ent41	1,05	7,36	8,59	18,96	2,7	18,35
ent42	174,55	373,22	0,56	14,94		

Fuente: Propia

El diagrama de caja de la dimensión MISIONAL Y DE GOBIERNO "plan de desarrollo" presenta la distribución de los indicadores compuestos para cada entidad, se podría eliminar las entidades 2,4,7,8,10,12,14,15,24,28,30,37-40, por su baja varianza.

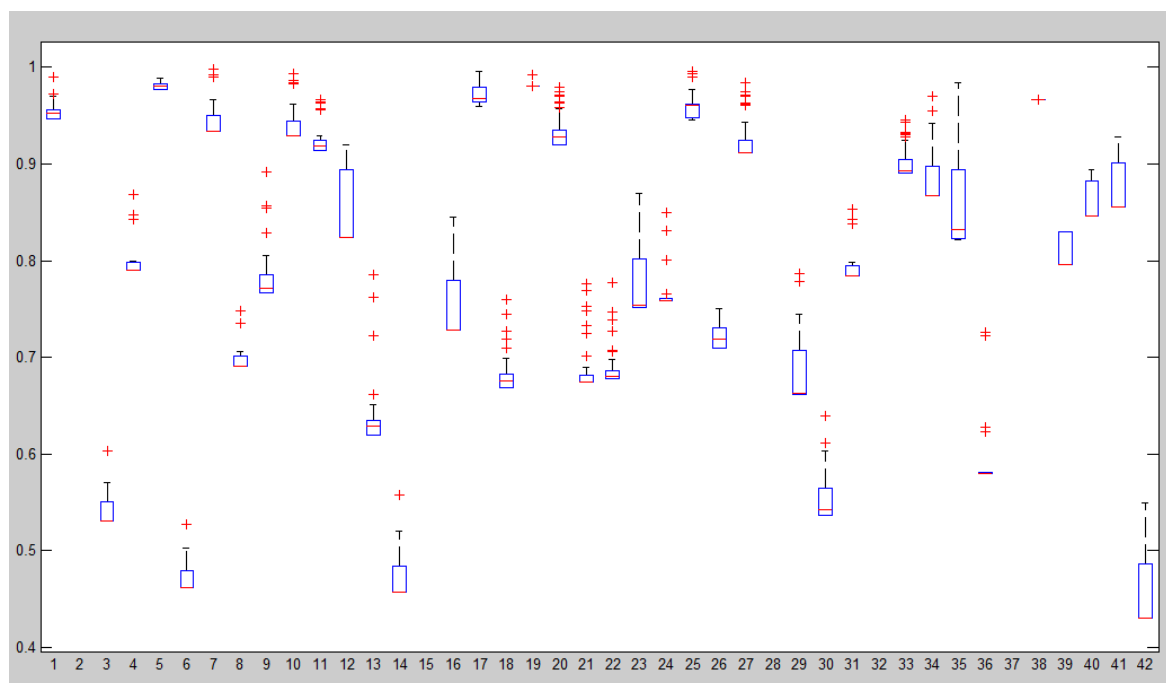


Ilustración 9 boxplot simulación del indicador “plan de desarrollo”

La tabla 22 muestra los parámetros de la distribución GAMMA( $\alpha, \beta$ ) para cada uno de los pesos de los subindicadores.

Tabla 22 factores de incertidumbre sobre los pesos "plan de desarrollo"

MISIONAL Y DE GOBIERNO “plan de desarrollo”						
	$\mu_7 Y_7$		$\mu_8 Y_8$		$\mu_{10} Y_{10}$	
entidad distrital	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
ent1	2,8	5,3			1,5	3,9
ent3	0,3	5,3	28,2	60,9		
ent5	3,6	8,8	30,3	81,3	1,7	8,7
ent6	116,2	280	0,6	17,6		
ent9	8	23,8	10,7	26,7		
ent11	59,6	91	7,8	35,4		
ent13	1	13,3	43,9	83,5		
ent16	3,4	12,1	5,8	13,5		
ent17	46	62,4	3,7	19,9		
ent18	6	21,5	10,7	29,2		
ent19	21,9	85,2	146,1	201,1		
ent20	23,2	46,5	13,7	35,5		

ent21	45,4	79,2	0,7	9,4		
ent22	6,9	24	11,8	32,6		
ent23	2,8	11,1	7,6	15,8		
ent25	32,3	42,7	1,8	12,2		
ent26	14,4	30,6	4	18,5		
ent27	151,3	185,2			0,6	10,8
ent29	4,3	15,2	5,2	14,3		
ent30	3,2	14,8	4,9	17,3	0,7	14,7
ent31	97,2	151	3	27,7		
ent33	25,5	52,2	14,2	38,7		
ent34	4,9	13,2	6,6	14		
ent35	3,5	10,1	5	10,9	2,6	49,5
ent40	273	372,1	4,1	32,2		
ent41	82,2	112,2	1,8	13,1		

Fuente: propia

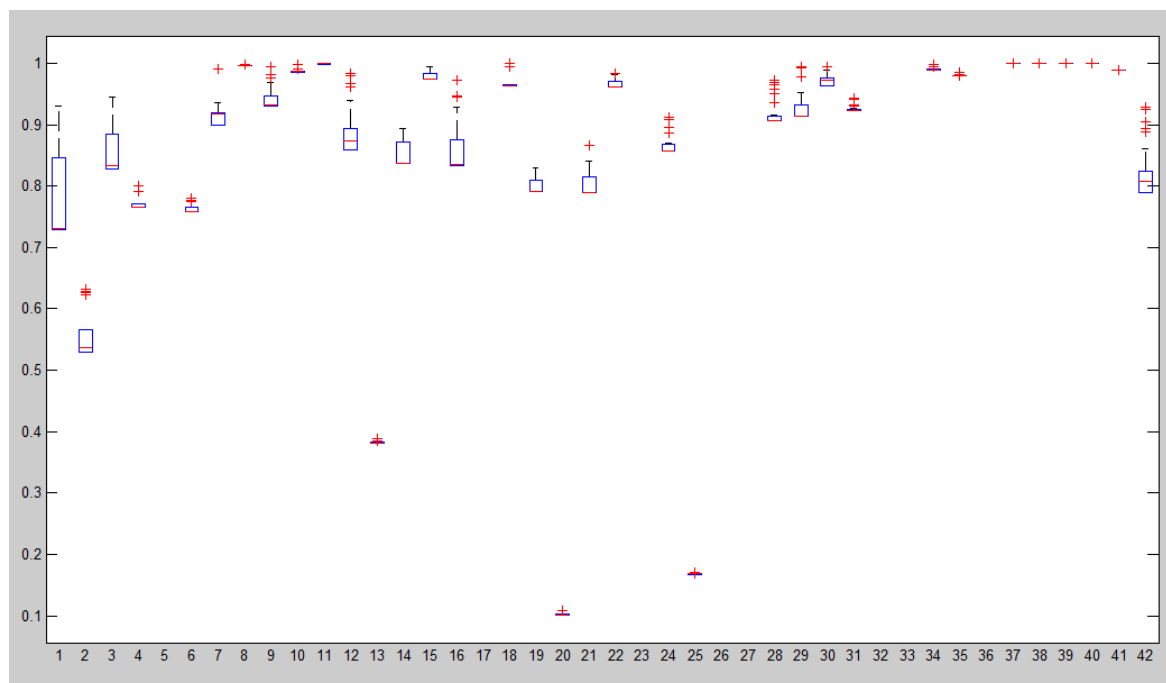


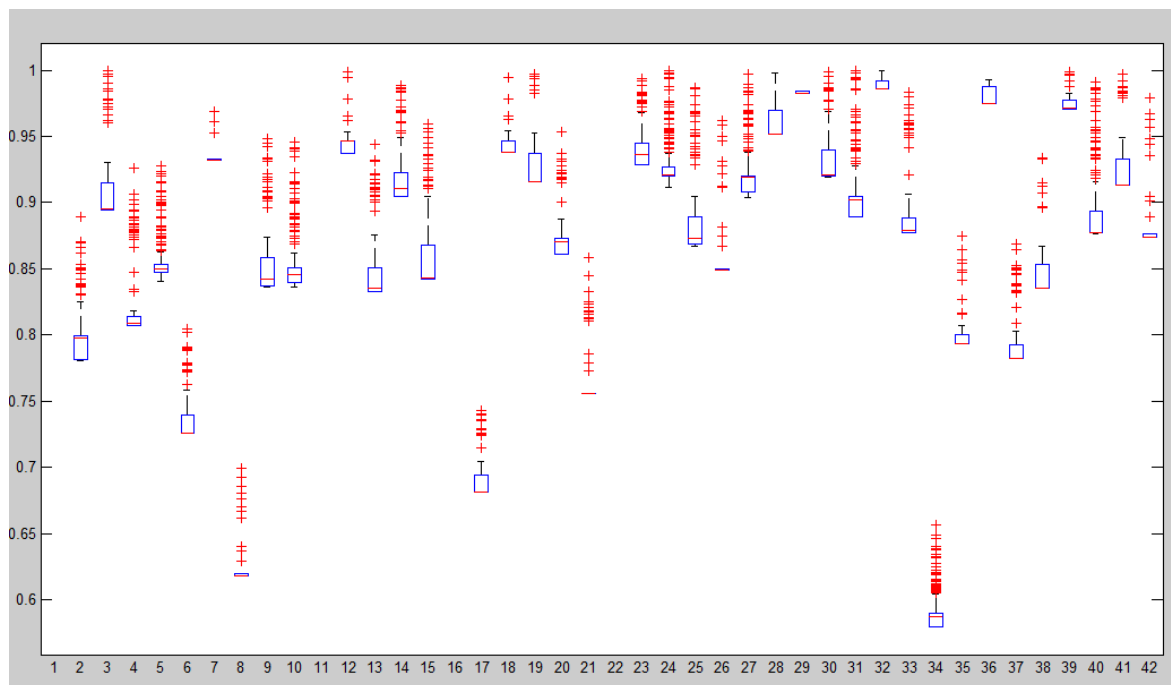
Ilustración 10 boxplot simulación para el indicador GESTION DE TALENTO HUMANO

Tabla 23 factores de incertidumbre sobre los pesos GESTION DE TALENTO HUMANO

GESTIÓN DE TALENTO HUMANO								
	$\mu_{11}Y_{11}$		$\mu_{12}Y_{12}$		$\mu_{13}Y_{13}$		$\mu_{14}Y_{14}$	
entidad distrital	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
ent1	2,1	6,1	3,5	10,1				
ent2	2,2	8,1	2,3	9,4				
ent3			19,2	31	0,9	6,3		
ent7	2,3	9,2			2,2	4,9	1,5	8,2
ent8			54,5	75,9	1,7	11,8		
ent9			3,9	25,3				
ent12	4,1	18,9					33,5	57,7
ent14					0,3	6,8		
ent16	4,5	22,3					32,7	57,6
ent18							5,6	60,1
ent24			18,3	59	37,4	73,1		
ent28	1,3	18,8	6	70	91,6	120,7		
ent29	1,1	13,6			2,1	4	0,7	2,4
ent30	1,4	18,7	1,6	8,4	4,3	8,1	1	5,8
ent42	4,2	21,5					33,9	63,5

Fuente: propia





**Ilustración 11** boxplot para el indicador GESTION PUBLICA

En las ilustraciones 5, 10, 14, 17y 19 de caja y bigotes, es natural observar colas de puntos atípicos en los bigotes. Pues es de observar que, al excluir entidades distritales cuyo indicador este en la frontera de eficiencia, le da espacio a las que no estén en esta, para que se acerquen. (ver ilustración 11)

**Tabla 24** Factores de incertidumbre sobre los pesos GESTION PUBLICA

GESTIÓN PUBLICA				
	$\mu_{15}Y_{15}$		$\mu_{16}Y_{16}$	
Entidad distrital	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
ent2	38,3	56,5	0,1	11,4
ent4	0,5	4,9	3,3	31,2
ent5	35,4	51,8	0,2	12,9
ent9	3	8,7	1,3	12,1
ent10	3	8,7	1,2	12,2
ent13	0,5	5	3,6	32,8
ent14	39,2	50,2	0,2	10,1
ent15	0,7	5	3,2	27,3
ent23	3,1	7,9	1,3	10,9

ent24	35	47,5	0,3	12
ent25	2,9	8,3	1,3	11,5
ent27	38,7	49,7	0,2	9,7
ent28	47,6	62	0,3	13,6
ent29	2,9	10,2	3	25,5
ent30	37,2	46,9	0,2	9,7
ent31	3	7,9	1,3	11,5
ent32	112,8	152,6	0,8	46,2
ent33	0,5	4,7	3,7	29,9
ent34	36,1	77,4	0,2	18,7
ent39	0,8	4,7	3,5	24
ent40	3,4	7,8	0,9	8,7

Fuente: propia

### 8.1.2 Análisis de sensibilidad sobre los pesos para el indicador gestión de talento humano (alternativa 1)

Según la tabla (23) se puede contar 32 variables aleatorias con distribución aproximada gamma, estas representaran las nuevas fuentes de incertidumbre, las cuales se relacionan por la formula  $\bar{R}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$ , este análisis se realizará en el software SIMLAB 2.2 el cual trabaja con el mismo algoritmo descrito en la sección 7.4.4, pero utiliza las formular  $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(A)_j f(B_A^i)_j - f_0^2$  (I. M. Sobol 1993) para el índice de sensibilidad principal y  $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(A)_j (f(A)_j) - f(A_B^i)_j$  (I. M. Sobol 2007) para el índice de sensibilidad principal (ver tabla 6). para análisis de sensibilidad implica realizar  $2^{33} - 1$  índices de sensibilidad de todos los órdenes, por ende se utiliza la fórmula  $N=n(k+2)$  de (Saisana et al., 2005)  $N=1024(42+2)=33'792$  número de simulaciones, sin embargo esta cantidad de simulaciones, tiene una baja complejidad computacional, pues se están simulando variables aleatorias y no modelos de programación lineal.

Tabla 25 análisis de sensibilidad GESTION DE TALENTO HUMANO salida del software Simlab 2.2.1

Peso*subindicador	S <sub>i</sub>	S <sub>Ti</sub>	S <sub>Ti</sub> - S <sub>i</sub>
μ1_11Y_11	0,004	0,044	0,04
μ1_12 Y_11	0,009	0,049	0,04
μ2_11 Y_11	0,061	0,081	0,02

$\mu_{2\_12} Y_{12}$	0,018	0,037	0,019
$\mu_{3\_12} Y_{12}$	0,014	0,018	0,004
$\mu_{3\_13} Y_{13}$	0,013	0,017	0,004
$\mu_{7\_11} Y_{11}$	0,015	0,028	0,013
$\mu_{7\_13} Y_{11}$	0,04	0,086	0,046
$\mu_{7\_14} Y_{14}$	0,004	0,02	0,016
$\mu_{8\_12} Y_{12}$	0	0	
$\mu_{8\_13} Y_{13}$	0,019	0,02	0,001
$\mu_{9\_12} Y_{12}$	0,004	0,004	0
$\mu_{12\_11} Y_{11}$	0,009	0,01	0,001
$\mu_{12\_14} Y_{14}$	0,02	0,022	0,002
$\mu_{14\_13} Y_{13}$	0,008	0,008	0
$\mu_{16\_11} Y_{11}$	0,008	0,012	0,004
$\mu_{16\_14} Y_{14}$	0,015	0,019	0,004
$\mu_{18\_14} Y_{14}$	0,002	0,002	0
$\mu_{24\_12} Y_{12}$	0,008	0,008	0
$\mu_{24\_13} Y_{13}$	0,012	0,012	0
$\mu_{28\_11} Y_{11}$	0,009	0,009	0
$\mu_{28\_12} Y_{12}$	0,003	0,003	0
$\mu_{28\_13} Y_{13}$	0,016	0,016	0
$\mu_{29\_11} Y_{11}$	0,003	0,007	0,004
$\mu_{29\_13} Y_{13}$	0,198	0,209	0,011
$\mu_{29\_14} Y_{14}$	0,146	0,161	0,015
$\mu_{30\_11} Y_{11}$	0,004	0,004	0
$\mu_{30\_12} Y_{12}$	0,039	0,044	0,005
$\mu_{30\_13} Y_{13}$	0,113	0,121	0,008
$\mu_{30\_14} Y_{14}$	0,008	0,012	0,004
$\mu_{42\_11} Y_{11}$	0,001	0,007	0,006
$\mu_{42\_14} Y_{14}$	0,001	0,007	0,006

Fuente: propia

En la tabla 25 el peso indicador  $\mu_{8\_12} Y_{12}$  correspondiente al peso indicador del subíndice Y12 nivel de provisionalidad de la entidad 8 secretaria distrital de hábitat. Podría cambiarse por otro valor y no altera el indicador pues  $S_{T8}=0$ . Por otra parte, las diferencias entre el índice de efectos primordiales y el índice de efectos totales son menores que 0.5 por tanto no serían importantes.

### 8.2.1 Análisis de incertidumbre sobre las entidades alternativa 2

Los factores de incertidumbre de la tabla 19 por medio de la formula  $\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$  permiten realizar el análisis de sensibilidad.

### 8.2.2 Análisis de sensibilidad sobre las entidades escenario 2

Dado que se tienen 42 factores de incertidumbre, existen  $2^{42} - 1$  índices de sensibilidad de todos los órdenes, por tanto se debe realizar simulaciones según la medida empírica de (Saisana et al., 2005)  $N=1024(42+2)=45'056$ . Según (A. . S. M.

Saltelli, 2009)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{no es importante, } S_{T_i} < 0,05 \\ \text{un poco importante, } 0,05 \leq S_{T_i} < 0,1 \\ \text{bastante importante, } 0,1 \leq S_{T_i} < 0,15 \\ \text{muy importante, } S_{T_i} > 0,15 \end{array} \right.$ , además se usaron las fórmulas

de estimación b) y f) de la tabla 6 para hallar  $S_i$  y  $S_{T_i}$

Siguiendo los pasos del algoritmo descrito en la sección 7.4.4 se puede resumir con el siguiente pseudocódigo que posteriormente se programó en Matlab 7 (ver código anexo)

*entrada* :  $k, N$ ;  $k=42$  número de factores de incertidumbre  $N$  (ver tabla 19) número de vectores aleatorios de tamaño  $1 \times 2(42)$

*salida*:  $S; S_T$   $S$  es el vector de índices de sensibilidad primordial de tamaño  $42 \times 1$ ;  $S_T$  es el vector de índices de sensibilidad total de tamaño  $42 \times 1$ .

Sea  $M_{N \times 2k} = (\zeta_{ij})_{\substack{i=1,\dots,N \\ j=1,\dots,2k}}$  donde  $\zeta_{ij} \stackrel{\text{def}}{=} U(0,1)$

Sea  $A_{N \times k} = (X_j(\zeta_{ij}))_{\substack{i=1,\dots,N \\ j=1,\dots,k}}$   $X_j(\zeta_{ij})$  es descrito en la tabla 19

Análogo sea  $B_{N \times k} = (X_j(\zeta_{ij}))_{\substack{i=1,\dots,N \\ j=k+1,\dots,2k}}$

Para  $j = 1, \dots, k$

$A_b^j(:, j) = A$ ;

$A_b^j(:, j) = B(:, j)$  (se la asigna a la columna  $j$  de  $A$  la columna  $j$  de  $B$  y la llama  $A_b^j$  matriz de tamaño  $N \times k$ )

Fin para

Sea  $Y_A = (Y_A^i)_{i=1,\dots,N}$  un vector de tamaño  $N \times 1$ ; donde  $Y_A^i = f(A)_i$  evalúa la fila  $i$  de la matriz  $A$  en la función  $f(X) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$  donde  $X = [X_1(\zeta_1) X_1(\zeta_2) X_1(\zeta_3) \dots X_{42}(\zeta_{42})]$

Análogo  $Y_B = (Y_B^i)_{i=1,...,N}$

Además

Para  $j = 1, \dots, k = 42$

$Y_{A_b^j} = (Y_{A_b^j}^i)_{i=1,...,N; j=1,...,k}$  donde  $Y_{A_b^j}^i = f(A_b^j)_i$  evalúa la fila i de la matriz  $A_b^j$  en la función.

Fin para

Sea  $V_{tot}$  la varianza total definida como la varianza muestral del vector  $Y = \begin{bmatrix} Y_A \\ Y_B \end{bmatrix}$ , de esta manera se encuentra

Sea  $V = (V_1 \ V_2 \ \dots \ V_{42})'$  donde  $V_j = V(E(Y|X_j))$ ;  $j = 1, \dots, 42$ ,

Sea  $E = (E_1 \ E_2 \ \dots \ E_{42})'$  donde  $E_j = E(V(Y|X_{-j}))$ ;  $j = 1, \dots, 42$ ,

Para  $j = 1, \dots, 42$

$V_j = V(E(Y|X_j)) = \frac{1}{N} Y_B' \cdot (Y_{A_b^j} - Y_A)$  (ver formula b) tabla 6)

Fin para

Para  $j = 1, \dots, 42$

$E_j = E(V(Y|X_{-j})) = \frac{1}{2N} (Y_A - Y_{A_b^j})' \cdot (Y_A - Y_{A_b^j})$  (ver formula f) tabla 6)

Fin para

Calculo de los índices

$$S = \frac{V}{V_{tot}}$$

$$S_T = \frac{E}{V_{tot}}$$

Retorna  $S ; S_T$

**Tabla 26 análisis de sensibilidad “gestión presupuestal”**

MISIONAL Y DE GOBIERNO “gestión presupuestal”			
Factor de incertidumbre	$S_i$	$S_{T_i}$	$S_{T_i} - S_i$
$X_1$	0,009	0,112	0,103
$X_2$	0,006	0,146	0,14
$X_3$	0,023	0,112	0,089
$X_4$	0,006	0,139	0,133
$X_5$	0,0034	0,163	0,1596
$X_6$	0,0012	0,024	0,0228

$X_7$	0,0052	0,082	0,0768
$X_8$	0,0002	0,1	0,0998
$X_9$	0,024	0,039	0,015
$X_{10}$	0,003	0,075	0,072
$X_{11}$	0,006	0,133	0,127
$X_{12}$	0,0064	0,099	0,0926
$X_{13}$	0,008	0,161	0,153
$X_{14}$	0,002	0,198	0,196
$X_{15}$	0,004	0,067	0,063
$X_{16}$	0,0037	0,106	0,1023
$X_{17}$	0,0031	0,048	0,0449
$X_{18}$	0,0037	0,071	0,0673
$X_{19}$	0,005	0,021	0,016
$X_{20}$	0,0027	0,033	0,0303
$X_{21}$	0,0016	0,047	0,0454
$X_{22}$	0,0031	0,045	0,0419
$X_{23}$	0,0031	0,038	0,0349
$X_{24}$	0,022	0,027	0,005
$X_{25}$	0,002	0,104	0,102
$X_{26}$	0	0	0
$X_{27}$	0,002	0,016	0,014
$X_{28}$	0,092	0,109	0,017
$X_{29}$	0,024	0,04	0,016
$X_{30}$	0,022	0,05	0,028
$X_{31}$	0,013	0,041	0,028
$X_{32}$	0,011	0,079	0,068
$X_{33}$	0,029	0,053	0,024
$X_{34}$	0,006	0,049	0,043
$X_{35}$	0,012	0,046	0,034
$X_{36}$	0,073	0,154	0,081
$X_{37}$	0,0065	0,066	0,0595
$X_{38}$	0,0084	0,12	0,1116
$X_{39}$	0,0085	0,174	0,1655
$X_{40}$	0,0055	0,083	0,0775
$X_{41}$	0,008	0,045	0,037
$X_{42}$	0,026	0,036	0,01

Fuente: propia

Dado que los índices totales son menores que 0.1 indica que los factores de incertidumbre no son influyentes al momento de calcular el indicador para cada dimensión

**Tabla 27 análisis de sensibilidad “acceso a la información”**

MISIONAL Y DE GOBIERNO “acceso a la información”			
Factor de incertidumbre	$S_i$	$S_{T_i}$	$S_{T_i} - S_i$
$X_1$	0,0055	0,186	0,1805
$X_2$	0,0048	0,079	0,0742
$X_3$	0,007	0,134	0,127
$X_4$	0,008	0,031	0,023
$X_5$	0,0059	0,099	0,0931
$X_6$	0,002	0,102	0,1
$X_7$	0,0047	0,088	0,0833
$X_8$	0,013	0,036	0,023
$X_9$	0,01	0,02	0,01
$X_{10}$	0,03	0,094	0,064
$X_{11}$	0,033	0,063	0,03
$X_{12}$	0,03	0,054	0,024
$X_{13}$	0,024	0,025	0,001
$X_{14}$	0,097	0,1	0,003
$X_{15}$	0,008	0,045	0,037
$X_{16}$	0,092	0,115	0,023
$X_{17}$	0,015	0,065	0,05
$X_{18}$	0,064	0,129	0,065
$X_{19}$	0,014	0,021	0,007
$X_{20}$	0,02	0,044	0,024
$X_{21}$	0,001	0,096	0,095
$X_{22}$	0,0049	0,067	0,0621
$X_{23}$	0,0028	0,049	0,0462
$X_{24}$	0,0047	0,094	0,0893
$X_{25}$	0,0014	0,044	0,0426
$X_{26}$	0,0023	0,079	0,0767

$X_{27}$	0,0019	0,058	0,0561
$X_{28}$	0,003	0,092	0,089
$X_{29}$	0,008	0,106	0,098
$X_{30}$	0,005	0,039	0,034
$X_{31}$	0,001	0,072	0,071
$X_{32}$	0,0089	0,093	0,0841
$X_{33}$	0,0018	0,041	0,0392
$X_{34}$	0,0025	0,063	0,0605
$X_{35}$	0,018	0,027	0,009
$X_{36}$	0,002	0,061	0,059
$X_{37}$	0,019	0,033	0,014
$X_{38}$	0,007	0,087	0,08
$X_{39}$	0,0055	0,144	0,1385
$X_{40}$	0,004	0,056	0,052
$X_{41}$	0,006	0,048	0,042
$X_{42}$	0,038	0,052	0,014

Fuente: propia

Tabla 28 análisis de sensibilidad “plan de desarrollo”

MISIONAL Y DE GOBIERNO “plan de desarrollo”			
Factor de incertidumbre	$S_i$	$S_{T_i}$	$S_{T_i} - S_i$
$X_1$	0,001	0,083	0,082
$X_2$	0,0039	0,052	0,0481
$X_3$	0,0087	0,119	0,1103
$X_4$	0,008	0,025	0,017
$X_5$	0,006	0,141	0,135
$X_6$	0,0015	0,11	0,1085
$X_7$	0,0026	0,072	0,0694
$X_8$	0,0052	0,096	0,0908
$X_9$	0,002	0,023	0,021
$X_{10}$	0,0044	0,077	0,0726
$X_{11}$	0,001	0,043	0,042
$X_{12}$	0,0045	0,049	0,0445
$X_{13}$	0,0019	0,057	0,0551
$X_{14}$	0,0017	0,017	0,0153



$X_{15}$	0,001	0,081	0,08
$X_{16}$	0,0012	0,072	0,0708
$X_{17}$	0,0035	0,081	0,0775
$X_{18}$	0,0032	0,035	0,0318
$X_{19}$	0,009	0,096	0,087
$X_{20}$	0,013	0,077	0,064
$X_{21}$	0,012	0,052	0,04
$X_{22}$	0,005	0,09	0,085
$X_{23}$	0,028	0,07	0,042
$X_{24}$	0	0	0
$X_{25}$	0,003	0,046	0,043
$X_{26}$	0,007	0,07	0,063
$X_{27}$	0,0079	0,15	0,1421
$X_{28}$	0,023	0,099	0,076
$X_{29}$	0,0074	0,137	0,1296
$X_{30}$	0,028	0,074	0,046
$X_{31}$	0,03	0,104	0,074
$X_{32}$	0,026	0,076	0,05
$X_{33}$	0,029	0,055	0,026
$X_{34}$	0,009	0,032	0,023
$X_{35}$	0,02	0,078	0,058
$X_{36}$	0,016	0,034	0,018
$X_{37}$	0	0,009	0,009
$X_{38}$	0,0039	0,046	0,0421
$X_{39}$	0,033	0,034	0,001
$X_{40}$	0,002	0,083	0,081
$X_{41}$	0,06	0,065	0,005
$X_{42}$	0,023	0,047	0,024

Fuente: propia

Tabla 29 análisis de sensibilidad GESTIÓN DE TALENTO HUMANO


GESTIÓN DE TALENTO HUMANO			
Factor de incertidumbre	$S_i$	$S_{T_i}$	$S_{T_i} - S_i$
$X_1$	0,002	0,093	0,091
$X_2$	0,0063	0,191	0,1847

$X_3$	0,0078	0,093	0,0852
$X_4$	0,0047	0,157	0,1523
$X_5$	0,0063	0,07	0,0637
$X_6$	0,0067	0,077	0,0703
$X_7$	0	0,007	0,007
$X_8$	0,0034	0,058	0,0546
$X_9$	0,0072	0,078	0,0708
$X_{10}$	0,0023	0,047	0,0447
$X_{11}$	0,007	0,021	0,014
$X_{12}$	0,0014	0,043	0,0416
$X_{13}$	0,0012	0,019	0,0178
$X_{14}$	0,0011	0,032	0,0309
$X_{15}$	0,007	0,044	0,037
$X_{16}$	0,0067	0,182	0,1753
$X_{17}$	0,0014	0,024	0,0226
$X_{18}$	0,002	0,039	0,037
$X_{19}$	0,0013	0,051	0,0497
$X_{20}$	0,031	0,076	0,045
$X_{21}$	0,043	0,088	0,045
$X_{22}$	0,0027	0,08	0,0773
$X_{23}$	0,0088	0,096	0,0872
$X_{24}$	0,051	0,098	0,047
$X_{25}$	0,018	0,029	0,011
$X_{26}$	0,0091	0,027	0,0179
$X_{27}$	0,0901	0,1	0,0099
$X_{28}$	0,059	0,077	0,018
$X_{29}$	0,067	0,081	0,014
$X_{30}$	0,012	0,031	0,019
$X_{31}$	0,06	0,166	0,106
$X_{32}$	0,013	0,193	0,18
$X_{33}$	0,025	0,195	0,17
$X_{34}$	0,007	0,026	0,019
$X_{35}$	0,0017	0,03	0,0283
$X_{36}$	0,016	0,074	0,058
$X_{37}$	0,015	0,025	0,01
$X_{38}$	0,0041	0,043	0,0389

$X_{39}$	0,0027	0,142	0,1393
$X_{40}$	0,008	0,186	0,178
$X_{41}$	0,02	0,023	0,003
$X_{42}$	0,008	0,024	0,016

Fuente: propia

 *un poco importante*,  $0,1 \leq S_{T_i} < 0,15$ ;

 *muy importante*,  $S_{T_i} \geq 0,15$ ;

## 9. CONCLUSIONES GENERALES

- En este trabajo se Construyó el Índice de Desarrollo Institucional Distrital IDID para las 42 entidades del distrito, el indicador resultante, se calculó, como el promedio ponderado 5 Dimensiones (indicadores compuestos): Gestión Presupuestal, Acceso a la Información, Plan De Desarrollo, Gestión De Talento Humano, Gestión pública.
- En la sección 7 se analizó la técnica de ponderación y agregación Benefit of the Doubt (BOD), señalando que es el mismo modelo de análisis envoltante de datos DEA-CCR, orientado a las entradas, donde las salidas son los subindicadores y solo hay una entrada ficticia, vector de unos (modelo 8.2). Al tener en cuenta este modelo, se usó herramientas como puntuación de supereficiencia de (Andersen y petersen.1993) para encontrar subindicadores alejados y además con ayuda de restricciones en los pesos de (Wong Y-HB and Beasley, 1990) se contrarrestó la fuerza de estos subindicadores en el indicador compuesto.
- En la sección 8.1.1 y 8.1.2 se presentaron, las dos alternativas para realizar el análisis de incertidumbre y sensibilidad, en la primera alternativa, se estimaron 10000 indicadores por cada una de las 42 entidades distritales, y con esta los pesos de cada uno de los 16 subindicador. Se estimó las distribuciones de cada uno de estos pesos y con esto se alimentó el software SIMLAB 2.2, el cual

realizo el análisis de sensibilidad. En la segunda alternativa, se programó en Matlab 7.1 el algoritmo descrito en la sección 7.4.4. se realizaron 1024 simulaciones, es decir  $1024(42+2) = 45056$  corrimientos del modelo DEA CCR 8.2. como en la primera alternativa, en esta se observó baja influencia de los factores de entrada en el de salida  $\bar{R}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$ .

## 10. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Tomado una nueva medición de los subindicadores para el año 2016 y 2017 se podría comparar el índice periodo a periodo. Sin dejar atrás el análisis de sensibilidad, pues es importante para validar la calidad del indicador.
- Como se mencionó en el ítem anterior es muy importante el análisis de sensibilidad, pero cuando se crean los indicadores usando Análisis Envolvente De Datos, (modelo 8.2) el análisis de sensibilidad se convierte en un problema no polinómico, dado la gran cantidad de entidades distritales existentes. Por tanto, se deberían analizar alternativas para validar la calidad de los indicadores.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, P., and Petersen, N.C. (1993) A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science* **39**, 1261-1264.
- Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operations Research* 2, 429-444.
- Nardo, M., M. Saisana, A. Saltelli, S. Tarantola (2005b), Tools for Composite Indicators Building, European Commission-Joint Research Centre, EUR 21682 EN
- I.M. Sobol', Sensitivity analysis for non-linear mathematical models, *Mathematical Modelling and Computational Experiment* 1 (1993) 407–414; Translated from Russian: I.M. Sobol', Sensitivity estimates for nonlinear mathematical models, *Matematicheskoe Modelirovanie* 2 (1990) 112–118.
- M.J.W. Jansen, Analysis of variance designs for model output, *Computer Physics Communications* 117 (1999) 35–43
- T. Homma, A. Saltelli, Importance measures in global sensitivity analysis of model output, *Reliability Engineering and System Safety* 52 (1) (1996) 1–17.
- I.M. Sobol', Global sensitivity analysis indices for the investigation of nonlinear mathematical models, *Matematicheskoe Modelirovanie* 19 (11) (2007) 23–24 (in Russian).
- Sobol IM On the distribution of points in a cube and the approximate evaluation of integrals. *USSR Comput Math Phys* (1967). 7: 86-112.
- Bas, C. (2016). *Estrategias metodológicas para la construcción de indicadores compuestos en la gestión universitaria*. tesis doctoral Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, universidad Universitat Politècnica de València <http://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/301219634>
- Cazals, C., Florens, J.-P., & Simar, L. (2002). Nonparametric frontier estimation: A robust approach. *Journal of Econometrics*, 106(1). [http://doi.org/10.1016/S0304-4076\(01\)00080-X](http://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00080-X)
- Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., Van Puyenbroeck, T., Saisana, M., Saltelli, A., ... Tarantola, S. (2008). Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index. *Journal of the Operational Research Society*, 59(2), 239–251. <http://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602445>

- López-Cruz, I. L., Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., & Ruiz-García, A. (n.d.). Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en invernadero. *Agrociencia*, 46(4), 383–397. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-319520120004000006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-319520120004000006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2005). Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A: Statistics in Society*, 168(2), 307–323. <http://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2005.00350.x>
- Saltelli, A. . S. M. (2009). *Global Sensitivity Analysis. The Primer*.
- Saltelli, A., & Becker, W. (2012). Design for sensitivity analysis , in Chapman and Hall “Handbook of Design of Experiments ,” 1–43.
- Saltelli, A., Ratto, M., Tarantola, S., & Campolongo, F. (2006a). *Sensitivity analysis practice: A guide to scientific models. Reliability Engineering and System Safety* (Vol. 91). <http://doi.org/10.1016/j.ress.2005.11.014>
- Saltelli, A., Ratto, M., Tarantola, S., & Campolongo, F. (2006b). Sensitivity analysis practices: Strategies for model-based inference. *Reliability Engineering & System Safety*, 91(10), 1109–1125. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2005.11.014>
- Sobol', I. M., & Kucherenko, S. (2010). A new derivative based importance criterion for groups of variables and its link with the global sensitivity indices. *Computer Physics Communications*, 181(7), 1212–1217. <http://doi.org/10.1016/j.cpc.2010.03.006>
- Wong Y-HB and Beasley. (1990). Restricting Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis, 41(9), 829–835.

## 12. ANEXOS

Tabla 30 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS "gestión presupuestal"

MISIONAL Y DE GOBIERNO "gestión presupuestal"					
entidad distrital	$\mu_1 Y_1$	$\mu_2 Y_2$	$\mu_3 Y_3$	$\mu_4 Y_4$	IC
ENT1	0,4357	0,3707	0,0654	0	0,8717
ENT2	0,9762	0	0	0	0,9762
ENT3	0,1724	0,1583	0,6589	0	0,9896
ENT4	0,4569	0,3707	0,0654	0	0,8929
ENT5	0	1	0	0	1
ENT6	0	0	0,0007	0,8511	0,8517
ENT7	0	0	0,0007	0,8518	0,8524
ENT8	0	0,0536	0,9464	0	1
ENT9	0,1809	0,1385	0,6589	0	0,9783
ENT10	0,6165	0,2576	0	0,0451	0,9192
ENT11	0,1004	0,1223	0,2096	0,4766	0,9089
ENT12	0,0426	0,1261	0,2773	0,458	0,904
ENT13	0,0628	0,1644	0,2095	0,4856	0,9223
ENT14	0,0932	0,8503	0,0416	0,0149	1
ENT15	0,7767	0,0207	0,2025	0,0001	1
ENT16	0	0	0,0009	0,9274	0,9282
ENT17	0,0454	0,1644	0,2394	0,5173	0,9665
ENT18	0,0476	0,0168	0,9257	0,0098	1
ENT19	0,0681	0,1135	0,1805	0,6107	0,9728
ENT20	0,0005	0	0,0016	0,9722	0,9742
ENT21	0,1359	0,0751	0,273	0,516	1
ENT22	0,0773	0,1466	0,2354	0,5407	1
ENT23	0,1024	0,0134	0,2859	0,5983	1
ENT24	0,3502	0,2393	0,001	0,4096	1

ENT25	0	1	0	0	1
ENT26	0	0	0	0,9895	0,9895
ENT27	0,1144	0,1307	0,0015	0,7534	1
ENT28	0,0004	0	0,0016	0,993	0,995
ENT29	0	0	0,0009	0,9951	0,996
ENT30	0	0	0	0,9987	0,9987
ENT31	0	0	0,0008	0,9989	0,9997
ENT32	0,0023	0,1891	0,7776	0,031	1
ENT33	0,3886	0,0151	0,002	0,5942	1
ENT34	0,0006	0	0,0001	0,9993	1
ENT35	0,0492	0,4223	0,0367	0,4919	1
ENT36	0	0,8889	0	0	0,8889
ENT37	0	1	0	0	1
ENT38	0	1	0	0	1
ENT39	0	1	0	0	1
ENT40	0	1	0	0	1
ENT41	0,7567	0,2433	0	0	1
ENT42	0,211	0	0	0	0,211

Los subindicadores en color rojo, fue necesario colocarle las restricciones en el modelo 8.2 del 5% en el límite inferior. Los indicadores en color naranja fue necesario colocar las restricciones del 90% en el límite superior, dado que las entidades 36 al 42 en los subindicadores Y3 y Y4 presentan valores nulos,

Por otra parte, el Programa Anual Mensualizado de Caja (PAC), no ha incorporado en el aplicativo **OPGET**<sup>8</sup>, Las entidades: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. – EAAB, Lotería de Bogotá, Canal Capital, Metrovivienda, Transmilenio S.A. Empresa de Renovación Urbana, Universidad Distrital (color amarillo). por tanto, en los subindicadores Y3 y Y4 que se refieren a las reservas que tiene la entidad para inversión. Se reportan en cero. Un caso muy particular de la universidad distrital (color verde) el cual no tiene obligación de presentar el puntaje en el subindicador Y2 Numero

---

<sup>8</sup> OPGET es el aplicativo de Operación y Gestión de Tesorería que permite el registro y control del gasto con cargo al presupuesto de las entidades  
<http://www.shd.gov.co/shd/opget>



de modificaciones presupuestales por vigencia. Es claro que estos zeros afectan negativamente la puntuación del indicador<sup>9</sup>.

**Tabla 31 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS “acceso a la información”**

MISIONAL Y DE GOBIERNO “acceso a la información”				
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_5 Y_5$	$\mu_6 Y_6$	$\mu_9 Y_9$	IC
ENT1	0,7026	0,294	0,0034	1
ENT2	0,5826	0,3408	0,0767	1
ENT3	0,9206	0	0,0692	0,9897
ENT4	0,3181	0,2529	0,112	0,683
ENT5	0,4623	0	0,3081	0,7704
ENT6	0,3848	0,3338	0,1063	0,8249
ENT7	0,7414	0	0,0445	0,7859
ENT8	0,021	0,081	0,898	1
ENT9	0,3599	0,4914	0	0,8512
ENT10	0,5561	0	0,3796	0,9357
ENT11	0,3505	0,5632	0	0,9136
ENT12	0,6909	0	0,0152	0,706
ENT13	0,6205	0,018	0,3615	1
ENT14	0,5084	0	0,3505	0,8589
ENT15	0,8163	0	0,0462	0,8625
ENT16	0,91	0	0,0522	0,9622
ENT17	0	0,9564	0	0,9564
ENT18	0,3466	0,4951	0	0,8417
ENT19	0,8503	0	0,0178	0,8681
ENT20	0,6695	0,0904	0,0598	0,8197
ENT21	0,7695	0	0,1028	0,8723
ENT22	0,5383	0,3449	0	0,8832
ENT23	0,9509	0,048	0,0011	1
ENT24	0,9554	0	0,0183	0,9737

<sup>9</sup> Dado que para el indicador 2015 se tomaron nuevos subindicadores, no existía un histórico del cual poder simular los valores faltantes. Ver boletín 67 y 84 Secretaria Distrital De Hacienda  
<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2014/Indice%20de%20desempeno%20organizacional%20Distrit al.pdf>  
[http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice\\_Desarrollo\\_Institucional.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2017/84-%CDndice_Desarrollo_Institucional.pdf)

ENT25	0,9046	0	0,0177	0,9224
ENT26	0,6994	0	0	0,6994
ENT27	0,3621	0,4921	0	0,8542
ENT28	0,3748	0,3278	0,0971	0,7997
ENT29	0,8163	0	0,053	0,8693
ENT30	0,5221	0,3204	0	0,8426
ENT31	0,8548	0,0518	0	0,9066
ENT32	0,7835	0	0,0477	0,8312
ENT33	0,7816	0	0	0,7816
ENT34	0,4271	0	0,2949	0,722
ENT35	0,7521	0	0	0,7521
ENT36	0,0236	0,9356	0,0408	1
ENT37	0,8339	0	0,0706	0,9045
ENT38	0,8233	0	0	0,8233
ENT39	0	0,9176	0	0,9176
ENT40	0,7191	0	0,0722	0,7913
ENT41	0,2539	0,3439	0,1151	0,7129
ENT42	0,8098	0	0	0,8098

Los subindicadores en color rojo, fue necesario colocarle las restricciones en el modelo 8.2 del 5% en el límite inferior, el subindicador Y9 de la entidad 8 (ver tabla 8 y 9) (color verde) fue necesario tomar 80% en el límite superior notado por el modelo de supereficiencia modelo 8.1 (ver tabla 11 y explicación adjunta), el subindicador 5 de la entidad 29 (color naranja) (ver tabla 8 y 9) fue necesario tomar 90% en el límite superior, pues subindicador Y6 de esta entidad tiene un valor cero.

Las entidades evaluadas con puntaje 1, en todos sus subindicadores presentan pesos no nulos. Pero es importante satisfacer las condiciones presentadas por los expertos de la dirección de desarrollo. Que refiere a que todos los pesos de los subindicadores no sean nulos, a menos que el subindicador lo sea.

**Tabla 32 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS “plan de desarrollo”**

MISIONAL Y DE GOBIERNO “plan de desarrollo”				
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_7 Y_7$	$\mu_8 Y_8$	$\mu_{10} Y_{10}$	IC
ENT1	0,6527	0	0,3033	0,956

ENT2	0,6738	0,1295	0,1967	1
ENT3	0,8697	0	0,0005	0,8702
ENT4	0,9424	0	0,0018	0,9442
ENT5	0,4666	0,3598	0,1508	0,9772
ENT6	0,856	0	0,0005	0,8565
ENT7	0,9652	0	0,0055	0,9707
ENT8	0,7701	0	0,0022	0,7723
ENT9	0,8538	0	0,0016	0,8554
ENT10	0,9585	0	0,0057	0,9642
ENT11	0,9218	0	0,0045	0,9263
ENT12	0,0006	0,9994	0	1
ENT13	0,2442	0,5942	0	0,8385
ENT14	0,5111	0,3313	0,0047	0,8471
ENT15	0,7014	0,0061	0,2924	1
ENT16	0,2158	0,535	0	0,7509
ENT17	0,7324	0,1708	0,0565	0,9596
ENT18	0,8091	0	0,0012	0,8103
ENT19	0,2874	0,693	0	0,9804
ENT20	0,7326	0,1886	0,0253	0,9465
ENT21	0,9254	0	0,001	0,9264
ENT22	0,8287	0	0,0013	0,83
ENT23	0,2402	0,5812	0	0,8215
ENT24	0,9509	0	0,0015	0,9524
ENT25	0,7277	0,1623	0,056	0,946
ENT26	0,4227	0,2401	0,0465	0,7093
ENT27	0,9414	0	0,007	0,9484
ENT28	0,011	0,7714	0,2176	1
ENT29	0,3716	0,2681	0,0279	0,6676
ENT30	0,292	0,2014	0,0428	0,5362
ENT31	0,8965	0	0,0021	0,8986
ENT32	0,0087	0,0134	0,978	1
ENT33	0,7043	0,1837	0,0248	0,9128
ENT34	0,5268	0,3433	0,0288	0,8988
ENT35	0,4356	0,3339	0,0525	0,8221
ENT36	0	0,5795	0	0,5795
ENT37	0,4408	0,5592	0	1

ENT38	1	0	0	1
ENT39	0,8471	0	0	0,8471
ENT40	0,8627	0	0	0,8627
ENT41	0,8625	0	0	0,8625
ENT42	0	0,4309	0,0011	0,4319

Los subindicadores en color rojo, fue necesario colocarle las restricciones en el modelo 8.2 del 5% en el límite inferior, los subindicadores de las entidades 38 al 42 (color verde) fue necesario tomar restricciones del 90% en el límite superior de este modelo, pues en estas entidades existen valores nulos en los subindicadores (color amarillo)

**Tabla 33 INDIDADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS “GESTIÓN DE TALENTO HUMANO”**

GESTIÓN DE TALENTO HUMANO					
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_{11}Y_{11}$	$\mu_{12}Y_{12}$	$\mu_{13}Y_{13}$	$\mu_{14}Y_{14}$	IC
ENT1	0,3756	0,6046	0,0189	0,0009	1
ENT2	0,1446	0,3782	0,3985	0	0,9213
ENT3	0,0022	0,9182	0,0564	0,0232	1
ENT4	0	0	0,9603	0	0,9603
ENT5	0,1079	0,0851	0,807	0	1
ENT6	0	0	0,9393	0	0,9393
ENT7	0,1724	0,008	0,5846	0,1406	0,9057
ENT8	0,0753	0,6429	0,2284	0,0493	0,9958
ENT9	0	0,0985	0,8766	0,0242	0,9993
ENT10	0,1574	0,5143	0,3146	0	0,9862
ENT11	0,1327	0,5277	0,3372	0	0,9976
ENT12	0,1826	0	0	0,7032	0,8858
ENT13	0	0	0,9257	0	0,9257
ENT14	0,005	0,169	0,7815	0	0,9555
ENT15	0	0	1	0	1
ENT16	0,1654	0	0	0,6864	0,8518
ENT17	0,3209	0,193	0,4861	0	1
ENT18	0,0008	0,599	0,0083	0,3919	1
ENT19	0	0	0,9801	0	0,9801
ENT20	0,0085	0,1419	0,6631	0	0,8135
ENT21	0	0	1	0	1

ENT22	0	0	1	0	1
ENT23	0,0187	0,2249	0,0332	0,7231	1
ENT24	0	0	0,9886	0	0,9886
ENT25	0,0518	0,8719	0	0,0065	0,9303
ENT26	0,0571	0,0663	0,0393	0,8373	1
ENT27	0,0468	0,1561	0,7972	0	1
ENT28	0	0	0,9074	0	0,9074
ENT29	0	0	0,9583	0	0,9583
ENT30	0,0154	0,1187	0,8194	0,0115	0,965
ENT31	0	0	0,9532	0	0,9532
ENT32	0,3384	0,0729	0,0268	0,5619	1
ENT33	0,0317	0,8127	0,1555	0	1
ENT34	0,0066	0,0836	0,9098	0	1
ENT35	0	0	1	0	1
ENT36	0,2441	0	0,6773	0,0786	1
ENT37	0,9782	0	0,0218	0	1
ENT38	0,9782	0	0,0218	0	1
ENT39	0,9782	0	0,0218	0	1
ENT40	0,9782	0	0,0218	0	1
ENT41	0	0	1	0	1
ENT42	0,1689	0	0	0,6385	0,8075

Los subindicadores en color rojo, fue necesario colocarle las restricciones en el modelo 8.2 del 5% en el límite inferior, los subindicadores de las entidades 37 al 42 (color verde) fue necesario tomar restricciones del 90% en el límite superior de este modelo, pues en estas entidades existen valores nulos en los subindicadores (color amarillo)

Tabla 34 INDICADOR SIN RESTRICCIONES EN LOS PESOS "GESTIÓN PÚBLICA "

GESTIÓN PÚBLICA			
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_{15}Y_{15}$	$\mu_{16}Y_{16}$	IC
1	0,9957	0,0043	1
2	0,6404	0,1406	0,781
3	0	0,8951	0,8951
4	0,0843	0,7224	0,8068
5	0,6801	0,16	0,8401

6	0,7262	0	0,7262
7	0	0,9437	0,9437
8	0	0,6568	0,6568
9	0,3341	0,5017	0,8358
10	0,3413	0,4951	0,8364
11	0,3505	0,6495	1
12	0,9604	0	0,9604
13	0,0866	0,7461	0,8327
14	0,7394	0,165	0,9044
15	0,0899	0,7524	0,8423
16	0,632	0,368	1
17	0,6865	0	0,6865
18	0,9668	0	0,9668
19	0	0,9165	0,9165
20	0,8765	0	0,8765
21	0	0,7601	0,7601
22	0,0117	0,9883	1
23	0,3771	0,5518	0,929
24	0,7356	0,176	0,9115
25	0,347	0,5198	0,8668
26	0	0,871	0,871
27	0,7367	0,1672	0,904
28	0,7565	0,1949	0,9514
29	0,4078	0,5744	0,9823
30	0,7529	0,1659	0,9188
31	0,3667	0,5221	0,8889
32	0,8012	0,1846	0,9858
33	0,0922	0,7847	0,8769
34	0,4652	0,1143	0,5795
35	0,8232	0	0,8232
36	0,9789	0	0,9789
37	0,787	0	0,787
38	0	0,8474	0,8474
39	0,1033	0,8671	0,9704
40	0,3646	0,5122	0,8767
41	0	0,921	0,921

42	0	0,937	0,937
----	---	-------	-------

El indicador GESTIÓN PÚBLICA tiene solo dos subindicadores, por tanto, los subindicadores en color rojo solo necesitaron las restricciones en el modelo 8.2 del 10% en el límite inferior, pues así la proporción en el otro subindicador sería del 90% y no sería necesario tomar restricciones el 90% en el límite superior del modelo 8.2 (color verde)

Las tablas 36 a 39, muestran los resultados de los indicadores para cada dimensión según el modelo 8.2 modelo con restricciones en los pesos, corrido en Matlab 7

**Tabla 35 INDICADOR CON RESTICIONE EN LOS PESOS “gestión presupuestal”**

MISIONAL Y DE GOBIERNO “gestión presupuestal”					
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_1 Y_1$	$\mu_2 Y_2$	$\mu_3 Y_3$	$\mu_4 Y_4$	IC
ENT1	0,3901	0,3328	0,0752	0,042	0,8401
ENT2	0,7975	0,0469	0,0469	0,0469	0,9383
ENT3	0,1662	0,1534	0,6126	0,0491	0,9812
ENT4	0,4279	0,3477	0,0713	0,0446	0,8915
ENT5	0,0484	0,8222	0,0484	0,0484	0,9673
ENT6	0,042	0,0853	0,1332	0,5795	0,84
ENT7	0,0419	0,0894	0,1395	0,5669	0,8377
ENT8	0,0047	0,0849	0	0,0047	0,0943
ENT9	0,175	0,1346	0,6173	0,0488	0,9757
ENT10	0,5099	0,3159	0,0459	0,0459	0,9175
ENT11	0,1004	0,1223	0,2096	0,4766	0,9089
ENT12	0,0451	0,1215	0,2774	0,4586	0,9026
ENT13	0,0628	0,1644	0,2095	0,4856	0,9223
ENT14	0,1415	0,3748	0,3675	0,1162	1
ENT15	0,8271	0,063	0,042	0,068	1
ENT16	0,0057	0,0057	0,0057	0,0976	0,1148
ENT17	0,0483	0,1513	0,2639	0,5018	0,9652
ENT18	0,0598	0,0596	0,8251	0,0555	1
ENT19	0,0681	0,1135	0,1805	0,6107	0,9728
ENT20	0,0484	0,0649	0,1185	0,7369	0,9687
ENT21	0,128	0,0131	0,3289	0,53	1

ENT22	0,073	0,1538	0,2505	0,5228	1
ENT23	0,1177	0,0542	0,3125	0,5156	1
ENT24	0,3666	0,3221	0,0524	0,2589	1
ENT25	0	0,8412	0,0495	0,0994	0,9901
ENT26	0,0477	0,1136	0,0477	0,7452	0,9541
ENT27	0,1691	0,225	0,0531	0,5528	1
ENT28	0,0496	0,0777	0,124	0,7413	0,9926
ENT29	0,0442	0,0442	0,2704	0,5244	0,8831
ENT30	0,0473	0,134	0,0473	0,7182	0,9469
ENT31	0,0483	0,0894	0,1628	0,6648	0,9653
ENT32	0,0484	0,1408	0,5555	0,2241	0,9688
ENT33	0,417	0,059	0,0633	0,4607	1
ENT34	0,0491	0,0491	0,0491	0,8346	0,9819
ENT35	0,0613	0,1601	0,0576	0,721	1
ENT36	0,0666	0,599	0	0	0,6655
ENT37	0,0064	0,0574	0	0	0,0638
ENT38	0,0883	0,7943	0	0	0,8825
ENT39	0,0986	0,8872	0	0	0,9858
ENT40	0,098	0,8823	0	0	0,9803
ENT41	0,8021	0,1979	0	0	1
ENT42	0,211	0	0	0	0,211

En la tabla 35, la entidad 8 secretaria D. Del Hábitat, bajo la restricción en la porción de indicador compuesto al 90% anula el puntaje en el subindicador Y3 (ejecución de PAC) el cual tenía el 95% sin tener restricciones pero las demás subindicadores no presentaban puntaje, en el caso de la entidad 16, por tanto en la tabla se muestra una proporción del 5% para el subindicador Y1 y 90% para el subindicador Y2, por otra partes el Cuerpo oficial de Bomberos entidad 16 es afectado por esta restricción en su subindicador Y4 (ejecución de la reservas), pues sin restricciones tenía una proporción 0.1% en el subindicador Y3 (ejecución de PAC) y 99,9% en Y4 (ejecución de la reservas) y ahora con la restricciones 5% para el subindicador Y1(Composición del presupuesto) , 5% Y2(número de modificaciones) 5% Y3 y 85% Y4,pero disminuyendo su valor como se aprecia en la tabla.



Tabla 36 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS “acceso a la información”

MISIONAL Y DE GOBIERNO “acceso a la información”				
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_5 Y_5$	$\mu_6 Y_6$	$\mu_9 Y_9$	IC
ENT1	0,8375	0,1116	0,0509	1
ENT2	0,5947	0,3227	0,0826	1
ENT3	0,8608	0,049	0,0702	0,9799
ENT4	0,3181	0,2529	0,112	0,683
ENT5	0,3407	0,0292	0,2149	0,5848
ENT6	0,3848	0,3338	0,1063	0,8249
ENT7	0,6984	0,0391	0,0451	0,7827
ENT8	0,0759	0,1389	0,7852	1
ENT9	0,3952	0,4004	0,0419	0,8375
ENT10	0,5193	0,0458	0,3507	0,9157
ENT11	0,3746	0,4901	0,0455	0,9102
ENT12	0,6315	0,0351	0,0351	0,7017
ENT13	0,5701	0,126	0,3039	1
ENT14	0,4792	0,0425	0,3274	0,8491
ENT15	0,771	0,043	0,0468	0,8608
ENT16	0,8562	0,0478	0,0528	0,9569
ENT17	0,0458	0,824	0,0458	0,9156
ENT18	0,3823	0,3989	0,0411	0,8224
ENT19	0,7708	0,0428	0,0428	0,8564
ENT20	0,6695	0,0904	0,0598	0,8197
ENT21	0,713	0,043	0,1045	0,8604
ENT22	0,5293	0,1065	0,0335	0,6693
ENT23	0,8533	0,0474	0,0474	0,9481
ENT24	0,8054	0,0447	0,0447	0,8949
ENT25	0,7906	0,0439	0,0439	0,8784
ENT26	0,5886	0,0327	0,0327	0,654
ENT27	0,4007	0,3931	0,0418	0,8356
ENT28	0,3748	0,3278	0,0971	0,7997
ENT29	0,7438	0	0,0826	0,8264
ENT30	0,4626	0,3057	0,0404	0,8087

ENT31	0,7782	0,0432	0,0432	0,8647
ENT32	0,7167	0,0403	0,0486	0,8056
ENT33	0,6318	0,0351	0,0351	0,702
ENT34	0,3938	0,0349	0,2684	0,697
ENT35	0,6125	0,034	0,034	0,6806
ENT36	0,0584	0,8846	0,057	1
ENT37	0,7762	0,0446	0,0717	0,8925
ENT38	0,5415	0,0301	0,0301	0,6016
ENT39	0,0414	0,7456	0,0414	0,8284
ENT40	0,6666	0,0389	0,0734	0,7789
ENT41	0,2539	0,3439	0,1151	0,7129
ENT42	0,4682	0,026	0,026	0,5202

**Tabla 37 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS “plan de desarrollo”**

MISIONAL Y DE GOBIERNO “plan de desarrollo”				
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_7 Y_7$	$\mu_8 Y_8$	$\mu_{10} Y_{10}$	IC
ENT1	0,6514	0,0473	0,2477	0,9465
ENT2	0,6744	0,1308	0,1949	1
ENT3	0	0,5036	0,0265	0,5301
ENT4	0,7114	0,0395	0,0395	0,7905
ENT5	0,4666	0,3598	0,1508	0,9772
ENT6	0,4155	0,0231	0,0231	0,4617
ENT7	0,8407	0,0467	0,0467	0,9341
ENT8	0,6222	0,0346	0,0346	0,6913
ENT9	0,3642	0,364	0,0383	0,7665
ENT10	0,8365	0,0465	0,0465	0,9294
ENT11	0,6233	0,2451	0,0457	0,914
ENT12	0,0412	0,7411	0,0412	0,8234
ENT13	0,0788	0,5096	0,031	0,6194
ENT14	0	0,4342	0,0229	0,457
ENT15	0,7177	0,0607	0,2216	1
ENT16	0,3714	0,3201	0,0364	0,7279
ENT17	0,7324	0,1708	0,0565	0,9596
ENT18	0,2905	0,345	0,0334	0,6689

ENT19	0,2874	0,693	0	0,9804
ENT20	0,5285	0,3457	0,046	0,9202
ENT21	0,6069	0,0337	0,0337	0,6743
ENT22	0,3114	0,3328	0,0339	0,6781
ENT23	0,3291	0,385	0,0376	0,7517
ENT24	0,6829	0,0379	0,0379	0,7587
ENT25	0,7277	0,1623	0,056	0,946
ENT26	0,4227	0,2401	0,0465	0,7093
ENT27	0,82	0,0456	0,0456	0,9111
ENT28	0,0628	0,6648	0,2724	1
ENT29	0,3541	0,2741	0,0331	0,6613
ENT30	0,292	0,2014	0,0428	0,5362
ENT31	0,6397	0,1058	0,0392	0,7847
ENT32	0,1154	0,0896	0,795	1
ENT33	0,5099	0,3363	0,0445	0,8908
ENT34	0,4597	0,3639	0,0433	0,8669
ENT35	0,4356	0,3339	0,0525	0,8221
ENT36	0	0,5795	0	0,5795
ENT37	0,3795	0,6205	0	1
ENT38	0,8695	0,0966	0	0,9661
ENT39	0,7167	0,0796	0	0,7964
ENT40	0,7614	0,0846	0	0,846
ENT41	0,77	0,0856	0	0,8556
ENT42	0	0,4087	0,0215	0,4302

**Tabla 38 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS “GESTIÓN DE TALENTO HUMANO”**

GESTIÓN DE TALENTO HUMANO					
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_{11}Y_{11}$	$\mu_{12}Y_{12}$	$\mu_{13}Y_{13}$	$\mu_{14}Y_{14}$	IC
ENT1	0,2035	0,4524	0,0364	0,0364	0,7288
ENT2	0,1459	0,3575	0	0,0265	0,5298
ENT3	0,0414	0,6536	0,0912	0,0414	0,8275
ENT4	0,0383	0,0383	0,6514	0,0383	0,7663
ENT5	0,1002	0,0841	0,8157	0	1
ENT6	0,0379	0,0379	0,645	0,0379	0,7588
ENT7	0,1512	0,045	0,6232	0,0808	0,9002

ENT8	0,0753	0,643	0,2277	0,0498	0,9958
ENT9	0,0465	0,1301	0,6983	0,0561	0,931
ENT10	0,1574	0,5143	0,3146	0	0,9862
ENT11	0,1327	0,5277	0,3372	0	0,9976
ENT12	0,1601	0,0429	0,0429	0,6123	0,8583
ENT13	0,0191	0,0191	0,3243	0,0191	0,3815
ENT14	0,0418	0,7531	0	0,0418	0,8368
ENT15	0,0487	0,0487	0,8768	0	0,9742
ENT16	0,1486	0,0417	0,0417	0,6022	0,8342
ENT17	0,3604	0,2111	0,4284	0	1
ENT18	0,0482	0,7674	0,0482	0,0994	0,9631
ENT19	0,0396	0,0396	0,6198	0,0928	0,7918
ENT20	0,0051	0,0911	0	0,0051	0,1013
ENT21	0,0395	0,0939	0,6165	0,0395	0,7893
ENT22	0,0481	0,0481	0,8656	0	0,9618
ENT23	0,0586	0,2735	0,0665	0,6015	1
ENT24	0,0429	0,3508	0,4636	0	0,8572
ENT25	0,0193	0,1317	0,0084	0,0084	0,1678
ENT26	0,0233	0,034	0,0665	0,8762	1
ENT27	0,0543	0,1769	0,7688	0	1
ENT28	0,0453	0,076	0,7852	0	0,9065
ENT29	0,0457	0,0457	0,7765	0,0457	0,9135
ENT30	0,0482	0,1761	0,6912	0,0482	0,9637
ENT31	0,0462	0,2052	0,6723	0	0,9238
ENT32	0,3472	0,0649	0,059	0,5289	1
ENT33	0,0501	0,7266	0,2233	0	1
ENT34	0,0495	0,2461	0,6938	0	0,9894
ENT35	0,1252	0,0922	0,713	0,049	0,9794
ENT36	0,2506	0	0,6686	0,0808	1
ENT37	0,8045	0	0,1955	0	1
ENT38	0,8045	0	0,1955	0	1
ENT39	0,8045	0	0,1955	0	1
ENT40	0,8045	0	0,1955	0	1
ENT41	0,0989	0	0,8901	0	0,989
ENT42	0,1507	0,0395	0,0395	0,5596	0,7893

Tabla 39 INDICADOR CON RESTRICCIONES EN LOS PESOS "GESTIÓN PÚBLICA "

GESTIÓN PÚBLICA			
ENTIDAD DISTRITAL	$\mu_{15}Y_{15}$	$\mu_{16}Y_{16}$	IC
ENT1	0,8991	0,1009	1
ENT2	0,6404	0,1406	0,781
ENT3	0,0895	0,8053	0,8947
ENT4	0,0843	0,7224	0,8068
ENT5	0,6801	0,16	0,8401
ENT6	0,6533	0,0726	0,7259
ENT7	0,0932	0,8391	0,9323
ENT8	0,0618	0,5563	0,6181
ENT9	0,3341	0,5017	0,8358
ENT10	0,3413	0,4951	0,8364
ENT11	0,3005	0,6995	1
ENT12	0,8431	0,0937	0,9367
ENT13	0,0866	0,7461	0,8327
ENT14	0,7394	0,165	0,9044
ENT15	0,0899	0,7524	0,8423
ENT16	0,53	0,47	1
ENT17	0,6133	0,0681	0,6814
ENT18	0,844	0,0938	0,9378
ENT19	0,0916	0,8243	0,9159
ENT20	0,7747	0,0861	0,8607
ENT21	0,0756	0,6802	0,7557
ENT22	0,103	0,897	1
ENT23	0,3771	0,5518	0,929
ENT24	0,7356	0,176	0,9115
ENT25	0,347	0,5198	0,8668
ENT26	0,0849	0,7641	0,849
ENT27	0,7367	0,1672	0,904
ENT28	0,7565	0,1949	0,9514
ENT29	0,4078	0,5744	0,9823

ENT30	0,7529	0,1659	0,9188
ENT31	0,3667	0,5221	0,8889
ENT32	0,8012	0,1846	0,9858
ENT33	0,0922	0,7847	0,8769
ENT34	0,4652	0,1143	0,5795
ENT35	0,7144	0,0794	0,7938
ENT36	0,8772	0,0975	0,9747
ENT37	0,7043	0,0783	0,7826
ENT38	0,0835	0,7514	0,8349
ENT39	0,1033	0,8671	0,9704
ENT40	0,3646	0,5122	0,8767
ENT41	0,0913	0,8217	0,9131
ENT42	0,0874	0,7865	0,8739

**Tabla 40 COMPARATIVO ENTRE ENTIDADES DISTRITALES**

MISIONAL Y DE GOBIERNO								
“acceso a la información”								
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_8$	$\lambda_{13}$	$\lambda_{23}$	$\lambda_{36}$	$\varphi$	IC
ENT1	1	0	0	0	0	0	1	1
ENT2	0	1	0	0	0	0	1	1
ENT3	0,7939	0	0	0,2061	0	0	1,0104	0,9897
ENT4	0	0,1232	0	0,778	0	0,0988	1,4641	0,683
ENT5	0	0	0,0985	0,9015	0	0	1,298	0,7704
ENT6	0	0,3281	0	0,3448	0	0,3271	1,2122	0,8249
ENT7	0,9508	0	0	0,0492	0	0	1,2724	0,7859
ENT8	0	0	1	0	0	0	1	1
ENT9	0	0,7594	0	0	0	0,2406	1,1748	0,8512
ENT10	0	0	0,1316	0,8684	0	0	1,0687	0,9357
ENT11	0	0,0118	0	0	0	0,9882	1,0945	0,9137
ENT12	0,8061	0	0	0	0,1939	0	1,4164	0,706
ENT13	0	0	0	1	0	0	1	1
ENT14	0	0	0,1455	0,8545	0	0	1,1643	0,8589

ENT15	0,9875	0	0	0,0125	0	0	1,1594	0,8625
ENT16	0,9797	0	0	0,0203	0	0	1,0393	0,9622
ENT17	0	0	0	0	0	1	1,0456	0,9564
ENT18	0	0,5503	0	0	0	0,4497	1,188	0,8418
ENT19	0,6752	0	0	0	0,3248	0	1,1519	0,8681
ENT20	0,4339	0,4199	0	0,1462	0	0	1,2199	0,8197
ENT21	0,2252	0	0	0,7748	0	0	1,1464	0,8723
ENT22	0,1948	0,8052	0	0	0	0	1,1322	0,8832
ENT23	0	0	0	0	1	0	1	1
ENT24	0,4351	0	0	0	0,5649	0	1,027	0,9737
ENT25	0,4949	0	0	0	0,5051	0	1,0842	0,9223
ENT26	0	0	0	0	1	0	1,4298	0,6994
ENT27	0	0,7808	0	0	0	0,2192	1,1707	0,8542
ENT28	0	0,4004	0	0,2622	0	0,3374	1,2505	0,7997
ENT29	0,9001	0	0	0,0999	0	0	1,1504	0,8693
ENT30	0,8967	0,1033	0	0	0	0	1,1868	0,8426
ENT31	0,3399	0	0	0	0,6601	0	1,1031	0,9065
ENT32	0,9421	0	0	0,0579	0	0	1,203	0,8313
ENT33	0	0	0	0	1	0	1,2794	0,7816
ENT34	0	0	0,1474	0,8526	0	0	1,385	0,722
ENT35	0	0	0	0	1	0	1,3295	0,7522
ENT36	0	0	0	0	0	1	1	1
ENT37	0,6966	0	0	0,3034	0	0	1,1056	0,9045
ENT38	0	0	0	0	1	0	1,2146	0,8233
ENT39	0	0	0	0	0	1	1,0898	0,9176
ENT40	0,5404	0	0	0,4596	0	0	1,2637	0,7913
ENT41	0	0	0,1301	0,0322	0	0,8377	1,4028	0,7129
ENT42	0	0	0	0	1	0	1,2348	0,8098

La tabla 40 muestra la comparación entre todas las entidades distritales con las entidades óptimas (color amarillo), por ejemplo: la entidad 20 (Fondo de Prestaciones Económicas, Cesantías y Pensiones) color verde es dominada por la entidad 1 (Secretaría General) en un 43% , por la entidad 2 (Secretaría Distrital de Gobierno) en un 42% y por la entidad 13 (Departamento Administrativo del Servicio Civil Distrital-DASCD) en un 15%, además la entidad debe crecer en un 122% para lograr su desarrollo óptimo.

Códigos

% función que inserta las restricciones

```

function [Aw bw]=Mrw2(Y,s,r)
    tablasrestricciones;
    tabla=tabla de restricciones
    j=find(tabla(:,1)==r);
    c=[];
    for k=2:s+1
        c=[c;tabla(j,k)*Y];
    end
    A=c-diag(Y);
    c=[];
    for k=s+2:2*s+1
        c=[c;tabla(j,k)*Y];
    end
    B=diag(Y)-c;
    Aw=[A;B];
    bw=zeros(2*s,1);
% función para comparar entidades con entidades ótimas
function Z=CCRIND4l(Y)
[n,s] = size(Y);

    Z = zeros(n,n+2);
    lb = zeros(1,n+1);
    %lb=ones(1,n+1)*0.00001;
    for j=1:n
        f = -[zeros(1,n) 1];
        A= -[Y' -Y(j,:)'];

        b= zeros(s,1);
        Ae=[ones(1,n) 0];
        [u z] = linprog(f, A,b,Ae,1,lb);

        Z(j,:) = [u' -z];

    end
% función que calcula  $\bar{R}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |ranking_{ref}(IC_j) - ranking(IC_j)|$ 
function d=DEACCRIND(X,indr)
Y=X(:,2:end);
[n,s] = size(Y);

```



```

Z = zeros(n,s+1);
lb = zeros(1,s);
for j=1:n
    f = -Y(j,:);
    Aiw= Y;
    biw= ones(n,1);
    [Aw bw]=Mrw2(Y(j,:),s,X(j,1));
    A=[Aiw;Aw];
    b=[biw;bw];
    [u z] = linprog(f, A,b,[],[],lb);
    Z(j,:) = [u' -z];
end
[e w]=sort(Z(:,end));
ran=abs(w-indr);
d=mean(ran);
%funcion que calcula los rankings
function Y=ranking(X)
indicadores;
indreferencia;
cons=1:42;
y=ind1;
yref=icres1;
[e ran]= sort(yref);
Xind=[cons' y];
[n m]=size(X);
Y=zeros(n,1);
for j=1:n
    Xsim=Xind;
    yran=ran;
    r=X(j,:);
    u1=find(r<=0.5);
    Xsim(u1,:)=[];
    yran(u1,:)=[];
    Y(j)=CCRIND10(Xsim,yran);
End
&función que calcula los índices de sensibilidad total y principal
function [S ST] = first_total_seq(k, N)

```

```

y4var=[];
p=sobolset(2*k);
lptau=net(p,N+10);
%LTau=rand(N,2*k);
for j=1:N
    X=[];

    T = lptau(j+10,:);
    %T=LTau(j,:);
    A=T(1:k);
    B=T(k+1:2*k);

    X=[A;B];

    for i=1:k;
        Ab=A;
        Ab(i)=B(i);
        X=[X;Ab];
    end

    %y=X(:,1)+X(:,2)+X(:,3);
    y=ranquin(X);

    yA=y(1);
    yB=y(2);
    yAb=y(3:end);

    y4var=[y4var;yA;yB];

    for i=1:k
        Vi(i,j)=yB*(yAb(i)-yA);
        VT(i,j)=(yA-yAb(i))^2;
    end
end %N
Vtot=var(y4var);
for i=1:k
    S(i)=mean(Vi(i,:))/Vtot;
    ST(i)=mean(VT(i,:))/2/Vtot;

```

end  
end